

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 10 月 7 日 (07.10.2004)

PCT

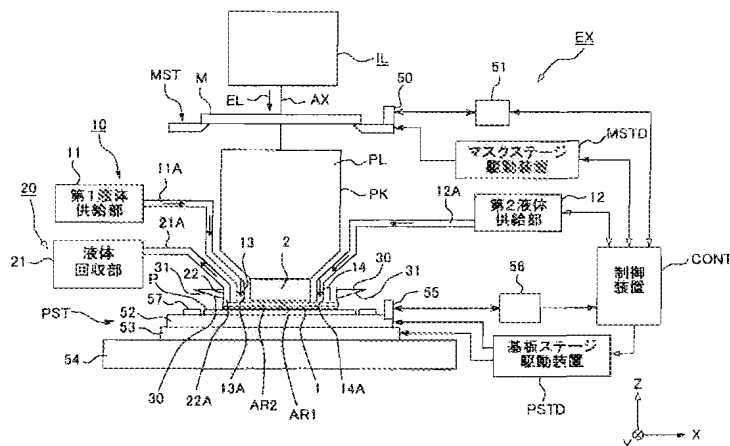
(10) 国際公開番号
WO 2004/086468 A1

- (51) 国際特許分類⁷: H01L 21/027, G03F 7/20 (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 長坂 博之 (NA-GASAKA, Hiroyuki) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内三丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 大和 壮一 (OWA, Soichi) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内三丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 西井 康文 (NISHII, Yasufumi) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内三丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/002295
- (22) 国際出願日: 2004 年 2 月 26 日 (26.02.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2003-049365 2003 年 2 月 26 日 (26.02.2003) JP
特願2003-110748 2003 年 4 月 15 日 (15.04.2003) JP
特願2003-320100 2003 年 9 月 11 日 (11.09.2003) JP
- (74) 代理人: 川北 喜十郎 (KAWAKITA, Kijuro); 〒1600022 東京都新宿区新宿五丁目 1 番 15 号 新宿MMビル Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT,
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内三丁目 2 番 3 号 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: EXPOSURE APPARATUS AND METHOD, AND METHOD OF PRODUCING APPARATUS

(54) 発明の名称: 露光装置、露光方法及びデバイス製造方法



11...FIRST LIQUID-FEEDING PORTION
21...LIQUID-RECOVERING PORTION
MSTD...MASK STAGE-DRIVING APPARATUS
12...SECOND LIQUID-FEEDING APPARATUS
CONT...CONTROLLER
PSTD...SUBSTRATE STAGE-DRIVING APPARATUS

(57) Abstract: An exposure apparatus (EX) exposes a substrate (P) by projecting an image of a predetermined pattern on the substrate through a liquid (1). The exposure apparatus has a projection optical system for the projection and a liquid-feeding mechanism (10) for feeding a liquid on to the substrate to form a liquid-immersed region (AR2) on part of the substrate. The liquid-feeding mechanism feeds the liquid (1) on to the substrate (P). The feeding

[続葉有]

WO 2004/086468 A1



LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU,

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

is simultaneously made at positions away to different directions from a projection region (AR1). The exposure apparatus has capability of stably forming the liquid-immersed region and of excellently recovering the liquid, so that outflow of the liquid to the periphery of the region is prevented and accurate exposure is performed.

(57) 要約:

露光装置EXは、所定パターンの像を液体1を介して基板Pに投影することによって基板を露光する。露光装置は、投影する投影光学系と、基板上の一部に液浸領域AR2を形成するために基板上に液体を供給する液体供給機構10とを備える。液体供給機構は、投影領域AR1に対して異なる複数の方向に離れた複数の位置で基板P上に液体1の供給を同時に行う。露光装置は、液浸領域を安定して形成できるとともにこの液体を良好に回収でき、周辺への液体の流出等を防止して精度良く露光処理できる。

明細書

露光装置、露光方法及びデバイス製造方法

技術分野

本発明は、投影光学系と基板との間に液浸領域を形成した状態で基板にパターンを露光する露光装置、露光方法及びデバイス製造方法に関するものである。

背景技術

半導体デバイスや液晶表示デバイスは、マスク上に形成されたパターンを感光性の基板上に転写する、いわゆるフォトリソグラフィの手法により製造される。このフォトリソグラフィ工程で使用される露光装置は、マスクを支持するマスクステージと基板を支持する基板ステージとを有し、マスクステージ及び基板ステージを逐次移動しながらマスクのパターンを投影光学系を介して基板に転写するものである。近年、デバイスパターンのより一層の高集積化に対応するために投影光学系の更なる高解像度化が望まれている。投影光学系の解像度は、使用する露光波長が短いほど、また投影光学系の開口数が高いほど高くなる。そのため、露光装置で使用する露光波長は年々短波長化しており、投影光学系の開口数も増大している。そして、現在主流の露光波長はKrFエキシマレーザの248nmであるが、更に短波長のArFエキシマレーザの193nmも実用化されつつある。また、露光を行う際には、解像度と同様に焦点深度(DOF)も重要となる。解像度R、及び焦点深度 δ はそれぞれ以下の式で表される。

$$R = k_1 \cdot \lambda / NA \quad \dots (1)$$

$$\delta = \pm k_2 \cdot \lambda / NA^2 \quad \dots (2)$$

ここで、 λ は露光波長、NAは投影光学系の開口数、 k_1 、 k_2 はプロセス係数である。(1)式、(2)式より、解像度Rを高めるために、露光波長 λ を短くして、開口数NAを大きくすると、焦点深度 δ が狭くなることが分かる。

焦点深度 δ が狭くなり過ぎると、投影光学系の像面に対して基板表面を合致さ

せることが困難となり、露光動作時のマージンが不足するおそれがある。そこで、実質的に露光波長を短くして、且つ焦点深度を広くする方法として、例えば、国際公開第99/49504号公報に開示されている液浸法が提案されている。この液浸法は、投影光学系の下面と基板表面との間を水や有機溶媒等の液体で満たして液浸領域を形成し、液体中での露光光の波長が空気中の $1/n$ （ n は液体の屈折率で通常1.2～1.6程度）になることを利用して解像度を向上するとともに、焦点深度を約 n 倍に拡大するというものである。

ところで、上記従来技術には以下に述べる問題が存在する。上記従来技術は基板を所定方向に移動しつつ走査露光する際に投影光学系と基板との間に液浸領域を形成できるため有効であるが、基板の移動方向に関して、マスクのパターンの像が投影される投影領域の手前で液体を供給する構成であって、液体を投影領域の手前側から基板の移動方向に沿って一方向に流す構成である。そして、基板の移動方向を前記所定方向から反対方向に切り替える際、液体を供給する位置（ノズル）も切り替える構成である。ところが、この切り替え時に投影領域に対して一方向からの液体の供給を急に停止して他方向からの液体の供給を開始することになるため、投影光学系と基板との間で液体の振動（所謂ウォーターハンマー現象）が発生したり、液体供給装置自体（供給管や供給ノズルなど）に振動が発生して、パターン像の劣化を引き起こすという問題が生じたり、また、投影領域に対して一方向から液体を流す構成であるため、投影光学系と基板との間に液浸領域が十分に形成されない場合が起きるという問題も生じることが解明されてきた。

また、上記従来技術では、液体を回収する回収部は前記基板の移動方向に流れる液体の下流側のみで液体を回収する構成であるため、液体を十分に回収できない場合があるという問題も生じるようになった。液体を十分に回収できないと基板上に液体が残存し、この残存した液体に起因して露光ムラの発生を引き起こすおそれが生じる。また、液体を十分に回収しきれないと、残存した液体が周辺の機械部品に飛散し、錆を生じさせる等の不都合も生じる。更に、液体が残存したり飛散したりすると、基板が置かれている環境（湿度など）の変動をもたらし、

ステージ位置計測に用いる光干渉計の検出光の光路上の屈折率の変化を引き起こすなどに起因して、所望のパターン転写精度を得られなくなるおそれもある。

また、液体回収ノズルによって基板上の液体を回収する際に、液体回収装置自体（回収管や回収ノズルなど）に振動が発生する可能性がある。その振動が投影光学系や基板ステージ、あるいは基板ステージの位置を計測するための干渉計の光学部材などに伝わると、基板上に回路パターンを精度良く形成できないおそれがある。

発明の開示

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、投影光学系と基板との間に液浸領域を形成した状態で露光処理する際、液浸領域を安定して形成できるとともにこの液体を良好に回収でき、周辺への液体の流出や飛散等を防止して精度良く露光処理できる露光装置、露光方法及びデバイス製造方法を提供することを目的とする。また、本発明は、投影光学系と基板との間に液浸領域を形成した状態で露光処理する際、液体の供給あるいは回収の際に生じる振動の影響を受けずに、精度良く露光処理できる露光装置、及びデバイス製造方法を提供することを目的とする。

上記の課題を解決するため、本発明は実施の形態に示す図1～図21に対応付けた以下の構成を採用している。但し、各要素に付した括弧付き符号はその要素の例示に過ぎず、各要素を限定する意図は無い。

本発明の第1の態様に従えば、所定パターンの像を液体(1)を介して基板(P)に投影することによって基板を露光する露光装置であって：

前記パターンの像を基板に投影する投影光学系(PL)と；

投影光学系(PL)の投影領域(AR1)を含む基板(P)上の一部に液浸領域(AR2)を形成するために、投影領域(AR1)に対して異なる複数の方向

に離れた複数の位置で基板（P）上に液体（1）の供給を同時に行う液体供給機構（10、11、12、13、13A、14、14A）と；を備える露光装置（EX）が提供される。

本発明によれば、液浸領域を形成するための液体供給機構は、投影領域に対して異なる複数の方向に離れた複数の位置で（すなわち、投影領域の異なる複数の側、例えば、矩形の投影領域であればX側、-X側、+Y側、-Y側の少なくとも二つの側から）液体の供給を同時に行うので、投影光学系と基板との間に所望の液浸領域を形成できる。また、複数の方向に離れた複数の位置で液体の供給を同時に行うようにしたので、基板を移動しながら露光処理する際、基板の移動方向を変えても常に液浸領域を良好に形成できる。投影領域の両側で同時に液体を供給するようにすれば、液体の供給位置を切り替える必要がなくなるので、液体の振動（ウォーターハンマー現象）の発生を防止することができ、パターン像を基板上に精度良く投影することができる。

本発明の第2の態様に従えば、所定パターンの像を液体（1）を介して基板（P）に投影することによって基板を露光する露光装置であって：

前記パターンの像を基板に投影する投影光学系（PL）と；

投影光学系（PL）の投影領域（AR1）を含む基板（P）上の一部に液浸領域（AR2）を形成するために基板（P）上に液体（1）を供給する液体供給機構（10、11、12、13、13A、14、14A）と；

投影領域（AR1）に対して異なる複数の方向に離れた複数の位置で基板（P）上の液体（1）の回収を同時に行う液体回収機構（20、21、22、22A）と；を備える露光装置（EX）が提供される。

本発明によれば、液体を回収するための液体回収機構は、投影領域に対して異なる複数の方向に離れた複数の位置で（すなわち、投影領域の異なる複数の側、例えば、矩形の投影領域であればX側、-X側、+Y側、-Y側の少なくとも二つの側から）液体の回収を同時に行うので、液体の回収を確実に行うことができ

る。したがって、基板上に液体が残存する状態の発生を防止でき、露光ムラの発生や基板が置かれている環境が変動するのを防止でき、パターン像を基板上に精度良く投影することができる。

本発明の第3の態様に従えば、所定パターンの像を液体(1)を介して基板(P)に投影することによって基板を露光する露光装置であって：

前記パターンの像を基板に投影する投影光学系(PL)と；

投影光学系(PL)の投影領域(AR1)を含む基板(P)上の一部に液浸領域(AR2)を形成するために基板(P)上に液体(1)を供給する液体供給機構(10、11、12、13、13A、14、14A)と；

基板(P)上の液体(1)の回収を複数の位置で同時に行う液体回収機構(20、21、22、22A、22D、24)と；を備え、

液体回収機構(20、21、22、22A、22D、24)は液体回収位置に応じて異なる回収力で液体を回収する露光装置(EX)が提供される。

本発明によれば、液体の回収を基板上の複数の位置で同時に行う液体回収機構は、液体回収位置に応じて異なる回収力で液体を回収するので、液体回収動作を円滑に行うことができる。したがって、投影光学系と基板との間を適切な量の液体で満たすことができ、基板上の所望領域内に液浸領域を形成できる。例えば、基板の移動(走査)方向に関して前方側(下流側)の液体の回収力を後方側(上流側)より大きく設定することで、液体回収動作を円滑に行うことができる。あるいは、基板の移動(走査)方向に沿った位置に配置された液体回収機構の液体回収力を、移動方向と交わる方向に沿った位置に配置された液体回収機構の液体回収力より大きくすることによっても液体回収動作を円滑に行うことができる。

本発明の第4の態様に従えば、所定パターンの像を液体(1)を介して基板(P)に投影することによって基板を露光する露光装置であって：

前記パターンを基板に投影する投影光学系(PL)と；

投影光学系(PL)の投影領域(AR1)を含む基板(P)上の一部に液浸領

域（AR2）を形成するために基板（P）上に液体（1）を供給する液体供給機構（10、11、12、13、13A、14、14A）と；

投影領域（AR1）から離れた回収位置で基板（P）上の液体（1）の回収を行う液体回収機構（20、21、22、22A）と；

投影領域（AR1）に対して液体回収機構（20、21、22、22A）による液体回収位置の外側に配置され、液体（1）を捕捉する液体トラップ面（31）が形成されたトラップ部材（30）と；を備える露光装置（EX）が提供される。

本発明によれば、液体回収機構による液体回収位置の外側に、液体を捕捉する所定長さの液体トラップ面が形成されたトラップ部材を設けたことにより、仮に液体回収機構で液体が回収しきれなくてもこのトラップ部材により液体を捕捉することで、周囲への液体の流出や飛散等の不都合の発生を防止できる。したがって、基板が置かれている環境の変動の発生を防止でき、所望のパターン精度でパターン像を基板に投影できる。

本発明の第5の態様に従えば、所定パターンの像を液体（1）を介して基板（P）に投影することによって基板を露光する露光装置であって：

前記パターンの像を基板に投影する投影光学系（PL）と；

投影光学系（PL）の投影領域（AR1）を含む基板（P）上の一部に液浸領域（AR2）を形成するために基板（P）上に液体（1）を供給する液体供給機構（10、11、12、13、13A、14、14A）と；

投影領域（AR1）から離れた回収位置で基板（P）上の液体（1）の回収を行う液体回収機構（20、21、22、22A）と；を備え、

液体供給機構（10、11、12、13、13A、14、14A）による液体（1）の供給は、液体回収機構（20、21、22、22A）の液体回収位置と投影領域（AR1）との間で行われる露光装置（EX）が提供される。

本発明によれば、液体供給機構による液体の供給は液体回収機構の液体回収位置と投影領域との間で行われるので、液体は投影領域に円滑に供給されるととも

に、供給された液体は基板上から円滑に回収することができる。

本発明の第6の態様に従えば、所定パターンの投影光学系（PL）による像を液体（1）を介して基板（P）に投影することによって基板を露光する露光方法であって：

投影光学系（PL）の先端の液体接触面（2a）との親和性が、基板（P）表面との親和性よりも高い液体（1）を、投影光学系（PL）の投影領域（AR1）を含む基板（P）上の一部に液浸領域（AR2）を形成するために供給することと；

前記液浸領域（AR2）に供給された液体（1）を介して所定パターンの像を基板（P）に投影すること；とを含む露光方法が提供される。

本発明によれば、投影光学系の先端の液体接触面に液体を密着することができ、投影光学系と基板との間の光路を安定した液浸状態にすることが可能になるとともに、基板上の液体を円滑に回収することができる。

本発明のデバイス製造方法は、上記態様の露光装置（EX）または露光方法を用いることを特徴とする。本発明によれば、良好なパターン精度で形成されたパターンを有し、所望の性能を発揮できるデバイスを提供できる。

本発明の第7の態様に従えば、所定パターンの像を液体（1）を介して基板（P）に投影することによって基板を露光する露光装置であって：

前記パターンの像を基板に投影する投影光学系（PL）と；

基板（P）上に液体（1）を供給する供給流路（94A、95A、94B、95B）を有する液体供給機構（10、11、12、41、42）と；

供給された液体を回収する回収流路（96A、97A、98A、99A、96B、97B、98B、99B、96T、97T、98T、99T）を有する液体回収機構（20、61、62、63、64、71、72、73、74）と；を備え、

前記供給流路及び回収流路の少なくとも一方が、複数の板状部材（９１、９２、９３）が積層された積層部材中に形成されている露光装置（ＥＸ）が提供される。

液浸露光では、均一な液体流を液浸領域に供給し且つそこから回収することが必要となるが、本発明の露光装置が備える積層部材は、流路がそれぞれ形成された複数の板状部材を、それらの流路が連通して供給流路及び回収流路の少なくとも一方をそれぞれ形成するように積層することによって形成することができる。それゆえ、複雑な流路構造であっても、極めてコンパクトに、容易に、しかも低コストで形成することが可能となる。

本発明の第８の態様に従えば、所定パターンの像を液体（１）を介して基板（Ｐ）に投影することによって基板を露光する露光装置であって：

前記パターンの像を基板に投影する投影光学系（ＰＬ）と；

投影光学系（ＰＬ）の投影領域（ＡＲ１）を含む基板（Ｐ）上の一部に液浸領域（ＡＲ２）を形成するために基板（Ｐ）上に液体（１）を供給する液体供給機構（１０）と；を備え、

液体供給機構（１０）は、投影光学系（ＰＬ）とは振動的に分離されている露光装置（ＥＸ）が提供される。

第８の態様に従う露光装置によれば、投影光学系と液体供給機構とは振動的に分離されている。即ち、液体供給機構で振動が発生してもその振動は投影光学系には伝わらない。したがって、投影光学系が振動することでパターン像が劣化するという不都合の発生を防止でき、パターン像を基板上に精度良く投影することができる。

露光装置は、さらに、投影光学系（ＰＬ）を支持する第１支持部材（１００）と、第１支持部材（１００）と振動的に分離され、液体供給機構（１０）を支持する第２支持部材（１０２）とを備え得る。この構造によれば、投影光学系を支持する第１支持部材と、液体供給機構を支持する第２支持部材とは振動的に分離

されているので、液体供給機構で発生した振動は投影光学系には伝わらない。また、例えば基板ステージの位置情報を計測するための干渉計を第1支持部材に取り付けたり、参照鏡（固定鏡）を投影光学系の鏡筒に取り付ける等の構成とすることで、これら干渉計や参照鏡には振動が伝わらないので、基板ステージの位置情報の計測やその計測結果に基づく位置制御を精度良く行うことができる。

本発明の第9の態様に従えば、所定パターンの像を液体(1)を介して基板(P)に投影することによって基板を露光する露光装置であって：

前記パターンの像を基板に投影する投影光学系(PL)と；

投影光学系(PL)の投影領域(AR1)を含む基板(P)上の一部に供給された液体(1)を回収する液体回収機構(20)と；を備え、

液体回収機構(20)は、投影光学系(PL)とは振動的に分離されている露光装置(EX)が提供される。

本発明の第9の態様の露光装置によれば、投影光学系と液体回収機構とは振動的に分離されているので、液体回収機構で振動が発生してもその振動は投影光学系には伝わらない。したがって、投影光学系が振動することでパターン像が劣化するという不都合の発生を防止でき、パターン像を基板上に精度良く投影することができる。

第9の態様の露光装置(EX)は、さらに、投影光学系(PL)を支持する第1支持部材(100)と、第1支持部材(100)と振動的に分離され、液体回収機構(20)を支持する第2支持部材(102)とを備え得る。この構成によれば、投影光学系を支持する第1支持部材と、液体回収機構を支持する第2支持部材とは振動的に分離されているので、液体回収機構で発生した振動は投影光学系には伝わらない。また、例えば基板ステージの位置情報を計測するための干渉計を第1支持部材に取り付けたり、参照鏡（固定鏡）を投影光学系の鏡筒に取り付ける等の構成とすることで、これら干渉計や参照鏡には振動が伝わらないので、基板ステージの位置情報の計測やその計測結果に基づく位置制御を精度良く行う

ことができる。

本発明の第10の態様に従えば、所定パターンの像を液体(1)を介して基板(P)に投影し、該基板上の複数のショット領域を順次露光する露光装置であって、

前記パターンの像を前記基板に投影する投影光学系(PL)と；

該投影光学系の投影領域を含む基板上の一部に液浸領域を形成するために、前記基板と対向するように配置された供給口(13A、14A)から液体を供給する液体供給機構(10、11、12、13、14)と；を備え、

該液体供給機構は、前記基板上の複数のショット領域の露光処理が行なわれている間に前記供給口から液体を供給し続ける露光装置(EX)が提供される。

本発明の第10の態様の露光装置によれば、基板上の複数のショット領域の露光処理が行なわれている間、基板の移動方向によらず、所定位置に配置された供給口から液体を供給し続けるので、液体供給機構自体の振動や液体の振動(ウォーターハンマー現象)を防止することができ、パターン像を基板上に精度良く投影することができる。

本発明の第11の態様に従えば、所定パターンの像を液体(1)を介して基板(P)に投影し、該基板上の複数のショット領域を順次露光する露光装置であって、

前記パターンの像を前記基板に投影する投影光学系(PL)と；

該投影光学系の投影領域を含む基板上の一部に液浸領域を形成するために、所定位置に配置された供給口(13A、14A)から液体を供給する液体供給機構(10、11、12、13、14)と；

前記基板と対向するように配置された回収口(22A)を有し、前記液体供給機構から供給された液体を回収する液体回収機構(20、21、22)と；を備え、

該液体回収機構は、前記基板上の複数のショット領域の露光処理が行なわれて

いる間に前記回収口から液体を回収し続ける露光装置（EX）が提供される。

本発明の第11の態様の露光装置によれば、基板上の複数のショット領域の露光処理が行なわれている間、基板の移動方向によらず、回収口から液体を回収し続ける。これにより、液体をより確実に回収することができるとともに、回収の開始や停止に伴う液体回収機構自体の振動が抑制され、パターン像を基板上に精度良く投影することができる。

本発明のデバイス製造方法は、上記態様の露光装置（EX）を用いることを特徴とする。本発明によれば、良好なパターン精度で形成されたパターンを有し、所望の性能を発揮できるデバイスを提供できる。

本発明によれば、投影光学系と基板との間に液浸領域を形成した状態で露光処理する際にも精度良く露光処理できる。

図面の簡単な説明

図1は、本発明の露光装置の一実施形態を示す概略構成図である。

図2は、本発明の特徴的部分である液体供給機構及び液体回収機構の概略構成を示す平面図である。

図3は、本発明の特徴的部分である液体供給機構及び液体回収機構の概略構成を示す斜視図である。

図4は、本発明の特徴的部分である液体供給機構及び液体回収機構の概略構成を示す側断面図である。

図5は、基板上に設定されたショット領域を示す図である。

図6（a）及び（b）は、液体の挙動を示す模式図である。

図7は、液体供給機構及び液体回収機構の他の実施形態を示す図である。

図8は、液体供給機構及び液体回収機構の他の実施形態を示す図である。

図9は、液体供給機構及び液体回収機構の他の実施形態を示す図である。

図10(a)及び(b)は、液体供給機構の他の実施形態を示す図である。

図11は、トラップ部材の他の実施形態を示す側断面図である。

図12は、トラップ部材の他の実施形態を示す側断面図である。

図13は、トラップ部材の他の実施形態を示す斜視図である。

図14は、本発明に係る液体供給機構及び液体回収機構の他の実施形態を示す概略斜視図である。

図15は、図14におけるスリット管部の他の実施形態を示す図である。

図16は、本発明に係る液体供給機構及び液体回収機構の他の実施形態を示す概略斜視図である。

図17は、流路形成部材のうち第1部材を示す斜視図である。

図18(a)及び(b)は、流路形成部材のうち第2部材を示す斜視図である。

図19(a)及び(b)は、流路形成部材のうち第3部材を示す斜視図である。

図20は、本発明の露光装置の別の実施形態を示す概略構成図である。

図21は、半導体デバイスの製造工程の一例を示すフローチャート図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の露光装置について図面を参照しながら説明する。図1は本発明の露光装置の一実施形態を示す概略構成図である。図1において、露光装置EXは、マスクMを支持するマスクステージMSTと、基板Pを支持する基板ステージPSTと、マスクステージMSTに支持されているマスクMを露光光ELで照明する照明光学系ILと、露光光ELで照明されたマスクMのパターン像を基板ステージPSTに支持されている基板Pに投影露光する投影光学系PLと、露光装置EX全体の動作を統括制御する制御装置CONTとを備えている。

また、本実施形態の露光装置EXは、露光波長を実質的に短くして解像度を向上するとともに焦点深度を実質的に広くするために液浸法を適用した液浸露光装置であって、基板P上に液体1を供給する液体供給機構10と、基板P上の液体1を回収する液体回収機構20とを備えている。露光装置EXは、少なくともマ

スクMのパターン像を基板P上に転写している間、液体供給機構10から供給した液体1により投影光学系PLの投影領域AR1を含む基板P上の一部に液浸領域AR2を形成する。具体的には、露光装置EXは、投影光学系PLの先端部の光学素子2と基板Pの表面との間に液体1を満たし、この投影光学系PLと基板Pとの間の液体1及び投影光学系PLを介してマスクMのパターン像を基板P上に投影し、基板Pを露光する。

ここで、本実施形態では、露光装置EXとしてマスクMと基板Pとを走査方向における互いに異なる向き（逆方向）に同期移動しつつマスクMに形成されたパターンを基板Pに露光する走査型露光装置（所謂スキャニングステッパ）を使用する場合を例にして説明する。以下の説明において、投影光学系PLの光軸AXと一致する方向をZ軸方向、Z軸方向に垂直な平面内でマスクMと基板Pとの同期移動方向（走査方向）をX軸方向、Z軸方向及びY軸方向に垂直な方向（非走査方向）をY軸方向とする。また、X軸、Y軸、及びZ軸まわり方向をそれぞれ、 θX 、 θY 、及び θZ 方向とする。なお、ここでいう「基板」は半導体ウエハ上に感光性材料であるフォトリソを塗布したものを含み、「マスク」は基板上に縮小投影されるデバイスパターンを形成されたレチクルを含む。

照明光学系ILはマスクステージMSTに支持されているマスクMを露光光ELで照明するものであり、露光用光源、露光用光源から射出された光束の照度を均一化するオプティカルインテグレータ、オプティカルインテグレータからの露光光ELを集光するコンデンサレンズ、リレーレンズ系、露光光ELによるマスクM上の照明領域をスリット状に設定する可変視野絞り等を有している。マスクM上の所定の照明領域は照明光学系ILにより均一な照度分布の露光光ELで照明される。照明光学系ILから射出される露光光ELとしては、例えば水銀ランプから射出される紫外域の輝線（g線、h線、i線）及びKrFエキシマレーザ光（波長248nm）等の遠紫外光（DUV光）や、ArFエキシマレーザ光（波長193nm）及びF₂レーザ光（波長157nm）等の真空紫外光（VUV光）などが用いられる。本実施形態においてはArFエキシマレーザ光が用いられる。

マスクステージMSTはマスクMを支持するものであって、投影光学系PLの光軸AXに垂直な平面内、すなわちXY平面内で2次元移動可能及び θ Z方向に微小回転可能である。マスクステージMSTはリニアモータ等のマスクステージ駆動装置MSTDにより駆動される。マスクステージ駆動装置MSTDは制御装置CONTにより制御される。マスクステージMST上には移動鏡50が設けられている。また、移動鏡50に対向する位置にはレーザ干渉計51が設けられている。マスクステージMST上のマスクMの2次元方向の位置、及び回転角はレーザ干渉計51によりリアルタイムで計測され、計測結果は制御装置CONTに出力される。制御装置CONTはレーザ干渉計51の計測結果に基づいてマスクステージ駆動装置MSTDを駆動することでマスクステージMSTに支持されているマスクMの位置決めを行う。

投影光学系PLはマスクMのパターンを所定の投影倍率 β で基板Pに投影露光するものであって、基板P側の先端部に設けられた光学素子（レンズ）2を含む複数の光学素子で構成されており、これら光学素子は鏡筒PKで支持されている。本実施形態において、投影光学系PLは、投影倍率 β が例えば $1/4$ あるいは $1/5$ の縮小系である。なお、投影光学系PLは等倍系及び拡大系のいずれでもよい。また、本実施形態の投影光学系PLの先端部の光学素子2は鏡筒PKに対して着脱（交換）可能に設けられており、光学素子2には液浸領域AR2の液体1が接触する。

光学素子2は蛍石で形成されている。蛍石は水との親和性が高いので、光学素子2の液体接触面2aのほぼ全面に液体1を密着させることができる。すなわち、本実施形態においては光学素子2の液体接触面2aとの親和性が高い液体（水）1を供給するようにしているので、光学素子2の液体接触面2aと液体1との密着性が高く、光学素子2と基板Pとの間の光路を液体1で確実に満たすことができる。なお、光学素子2は水との親和性が高い石英であってもよい。また光学素子2の液体接触面2aに親水化（親液化）処理を施して、液体1との親和性をよ

り高めるようにしてもよい。

基板ステージPSTは基板Pを支持するものであって、基板Pを基板ホルダを介して保持するZステージ52と、Zステージ52を支持するXYステージ53と、XYステージ53を支持するベース54とを備えている。基板ステージPSTはリニアモータ等の基板ステージ駆動装置PSTDにより駆動される。基板ステージ駆動装置PSTDは制御装置CONTにより制御される。Zステージ52を駆動することにより、Zステージ52に保持されている基板PのZ軸方向における位置（フォーカス位置）、及び θX 、 θY 方向における位置が制御される。また、XYステージ53を駆動することにより、基板PのXY方向における位置（投影光学系PLの像面と実質的に平行な方向の位置）が制御される。すなわち、Zステージ52は、基板Pのフォーカス位置及び傾斜角を制御して基板Pの表面をオートフォーカス方式、及びオートレベリング方式で投影光学系PLの像面に合わせ込み、XYステージ53は基板PのX軸方向及びY軸方向における位置決めを行う。なお、ZステージとXYステージとを一体的に設けてよいことは言うまでもない。

基板ステージPST（Zステージ52）上には、基板ステージPSTとともに投影光学系PLに対して移動する移動鏡55が設けられている。また、移動鏡55に対向する位置にはレーザ干渉計56が設けられている。基板ステージPST上の基板Pの2次元方向の位置、及び回転角はレーザ干渉計56によりリアルタイムで計測され、計測結果は制御装置CONTに出力される。制御装置CONTはレーザ干渉計56の計測結果に基づいて基板ステージ駆動装置PSTDを駆動することで基板ステージPSTに支持されている基板Pの位置決めを行う。

また、基板ステージPST（Zステージ52）上には、基板Pを囲むように補助プレート57が設けられている。補助プレート57は基板ホルダに保持された基板Pの表面とほぼ同じ高さの平面を有している。ここで、基板Pのエッジと補助プレート57との間には0.1～2mm程度の隙間があるが、液体1の表面張

力によりその隙間に液体 1 が流れ込むことはほとんどなく、基板 P の周縁近傍を露光する場合にも、補助プレート 57 により投影光学系 PL の下に液体 1 を保持することができる。

液体供給機構 10 は所定の液体 1 を基板 P 上に供給するものであって、液体 1 を供給可能な第 1 液体供給部 11 及び第 2 液体供給部 12 と、第 1 液体供給部 11 に流路を有する供給管 11A を介して接続され、この第 1 液体供給部 11 から送出された液体 1 を基板 P 上に供給する供給口 13A を有する第 1 供給部材 13 と、第 2 液体供給部 12 に流路を有する供給管 12A を介して接続され、この第 2 液体供給部 12 から送出された液体 1 を基板 P 上に供給する供給口 14A を有する第 2 供給部材 14 とを備えている。第 1、第 2 供給部材 13、14 は基板 P の表面に近接して配置されており、基板 P の面方向において互いに異なる位置に設けられている。具体的には、液体供給機構 10 の第 1 供給部材 13 は投影領域 AR1 に対して走査方向一方側（-X 側）に設けられ、第 2 供給部材 14 は他方側（+X 側）に設けられている。

第 1、第 2 液体供給部 11、12 のそれぞれは、液体 1 を収容するタンク、及び加圧ポンプ等を備えており、供給管 11A、12A 及び供給部材 13、14 のそれぞれを介して基板 P 上に液体 1 を供給する。また、第 1、第 2 液体供給部 11、12 の液体供給動作は制御装置 CONT により制御され、制御装置 CONT は第 1、第 2 液体供給部 11、12 による基板 P 上に対する単位時間あたりの液体供給量をそれぞれ独立して制御可能である。

本実施形態において、液体 1 には純水が用いられる。純水は ArF エキシマレーザー光のみならず、例えば水銀ランプから射出される紫外域の輝線（g 線、h 線、i 線）及び KrF エキシマレーザー光（波長 248 nm）等の遠紫外光（DUV 光）も透過可能である。

液体回収機構 20 は基板 P 上の液体 1 を回収するものであって、基板 P の表面

に近接して配置された回収口 2 2 A を有する回収部材 2 2 と、この回収部材 2 2 に流路を有する回収管 2 1 A を介して接続された液体回収部 2 1 とを備えている。液体回収部 2 1 は例えば真空ポンプ等の吸引装置、及び回収した液体 1 を収容するタンク等を備えており、基板 P 上の液体 1 を回収部材 2 2 及び回収管 2 1 A を介して回収する。液体回収部 2 1 の液体回収動作は制御装置 CONT により制御され、制御装置 CONT は液体回収部 2 1 による単位時間あたりの液体回収量を制御可能である。

また、液体回収機構 2 0 の回収部材 2 2 の外側には、液体 1 を捕捉する所定長さの液体トラップ面 3 1 が形成されたトラップ部材 3 0 が配置されている。

図 2 は液体供給機構 1 0 及び液体回収機構 2 0 の概略構成を示す平面図、図 3 は一部破断して図示した斜視図である。図 2 に示すように、投影光学系 PL の投影領域 AR 1 は Y 軸方向（非走査方向）を長手方向とする矩形状に設定されており、液体 1 が満たされた液浸領域 AR 2 は投影領域 AR 1 を含むように基板 P 上の一部に形成されている。そして、投影領域 AR 1 の液浸領域 AR 2 を形成するための液体供給機構 1 0 の第 1 供給部材 1 3 は投影領域 AR 1 に対して走査方向一方側（-X 側）に設けられ、第 2 供給部材 1 4 は他方側（+X 側）に設けられている。

図 2 及び図 3 に示すように、第 1、第 2 供給部材 1 3、1 4 は、第 1、第 2 液体供給部 1 1、1 2 から送出された液体 1 を流通する内部空間（内部流路）1 3 H、1 4 H と、内部空間 1 3 H、1 4 H を流通した液体 1 を基板 P 上に供給する供給口 1 3 A、1 4 A とをそれぞれ有している。なお、図 3 には第 2 液体供給部 1 2 は図示されていないが、構造は第 1 液体供給部 1 1 と同じである。第 1、第 2 供給部材 1 3、1 4 の供給口 1 3 A、1 4 A はそれぞれ平面視略円弧状に形成されており、この供給口 1 3 A、1 4 A の Y 軸方向におけるサイズは、少なくとも投影領域 AR 1 の Y 軸方向におけるサイズより大きくなるように設定されている。そして、平面視略円弧状に形成されている供給口 1 3 A、1 4 A は走査方向

(X方向)に関して投影領域AR1を挟むように配置されている。液体供給機構10は、供給口13A、14Aより、投影領域AR1に対して異なる複数の方向に離れた複数の位置から、すなわち、矩形の投影領域AR1の異なる側(この例では、投影領域AR1の両側(+X方向側、-X方向側))から液体1を同時に供給する。

液体回収機構20の回収部材22は二重環状部材であって、基板Pの表面に向くように環状に連続的に形成された回収口22Aと、回収口22Aから回収された液体1を流通する環状の内部空間(内部流路)22Hとを有している。液体回収機構20の回収部材22は液体回収機構10の供給部材13、14、及び投影領域AR1を取り囲むように配置されている。そして、回収部材22の内部にはこの内部空間22Hを周方向において複数の空間(分割空間)24に分割する仕切部材(仕切り)23が所定間隔で設けられている。すなわち、投影領域AR1を取り囲むように連続的に形成された回収口22Aの内部に仕切部材23が設けられた構成となっている。仕切部材23により分割された分割空間24のそれぞれは上下方向で貫通している。そして、回収部材22のうち、回収口22Aを有する下端部は基板Pの表面に近接され、一方、上端部は複数の分割空間24を空間的に集合する集合空間部であるマニホールド部25となっている。そして、このマニホールド部25に回収管21Aの一端部が接続され、他端部が液体回収部21に接続されている。液体回収機構20は、液体回収部21を駆動することにより、回収口22A(回収部材22)及び回収管21Aを介して基板P上の液体1を回収する。すなわち、回収口22Aの設置位置が基板P上の液体1の回収を行う回収位置であり、液体回収機構20は投影領域AR1から離れた回収位置で基板P上の液体1の回収を行うようになっている。ここで、液体回収機構20の回収口22Aは平面視略円環状であって投影領域AR1を取り囲んだ構成となっている。すなわち、回収口22Aは、矩形の投影領域AR1の4つの側(+X方向側、-X方向側、+Y方向側、-Y方向側)、換言すると投影領域AR1に対して直交する4つの方向に離れた4つの位置に存在している。したがって、液体回収機構20は、投影領域AR1を取り囲むように設けられている回収口22A

より、投影領域A R 1に対して異なる複数の方向に離れた複数の位置で基板P上の液体1の回収を同時に行うことができる。

そして、液体供給機構10の第1、第2供給部材13、14それぞれの供給口13A、14Aの設置位置、すなわち基板P上に対する液体1の供給位置は、液体回収位置（回収口22Aの位置）と投影領域A R 1との間に設けられた構成となっている。つまり、液体供給機構10による液体1の供給は、液体回収機構20の液体回収位置と投影領域A R 1との間で行われる。

図4は基板Pに近接して配置された第1、第2供給部材13、14、及び回収部材22を示す要部拡大側断面図である。図4に示すように、液体供給機構10の第1、第2供給部材13、14それぞれの内部流路13H、14Hは基板Pの表面に対してほぼ垂直に設けられている。同様に、液体回収機構20の回収部材22の内部流路22H（分割空間24）も、基板Pの表面に対してほぼ垂直に設けられている。そして、第1、第2供給部材13、14による基板Pに対する液体1の供給位置（供給口13A、14Aの設置位置）は、液体回収機構20の液体回収位置（回収口22Aの設置位置）と投影領域A R 1との間に設定されている。また、投影光学系PLと第1、第2供給部材13、14のそれぞれとは所定距離だけ離れて設けられているとともに、回収部材22と第1、第2供給部材13、14のそれぞれとも所定距離だけ離れて設けられている。また、本実施形態では、基板Pの表面と供給口13A、14Aとの距離と、基板Pの表面と回収口22Aとの距離と、基板Pの表面と投影光学系PLの下端面との距離とはほぼ同じに設定されている。換言すれば、供給口13A、14A、回収口22A、及び投影光学系PLの下端面それぞれのZ軸方向における位置（高さ）は同じに設定されている。

そして、第1、第2供給部材13、14の供給口13A、14Aから基板Pに、基板面に対してほぼ垂直方向から供給された液体1は、投影光学系PLの先端部（光学素子2）の下端面と基板Pとの間に濡れ拡がるように供給される。また、

投影領域 A R 1 に対して供給部材 1 3、1 4 の外側に流出した液体 1 は、この供給部材 1 3、1 4 より投影領域 A R 1 に対して外側に配置されている回収部材 2 2 の回収口 2 2 A より基板面からほぼ垂直方向に回収（吸引）されるようになっている。

ここで、液体供給機構 1 0 及び液体回収機構 2 0 を構成する各部材のうち少なくとも液体 1 が流通する部材は、例えばポリ四フッ化エチレン等の合成樹脂により形成されている。これにより、液体 1 に不純物が含まれることを抑制できる。

液体回収機構 2 0 の回収部材 2 2 のうち投影領域 A R 1 に対して外側には、液体回収機構 2 0 の回収部材 2 2 で回収しきれなかった液体 1 を捕捉する所定長さの液体トラップ面 3 1 が形成されたトラップ部材 3 0 が設けられている。トラップ部材 3 0 は回収部材 2 2 の外側面に取り付けられている。トラップ面 3 1 はトラップ部材 3 0 のうち基板 P 側を向く面（すなわち下面）であって、図 4 に示すように、水平面に対して傾斜している。具体的には、トラップ面 3 1 は投影領域 A R 1（液浸領域 A R 2）に対して外側に向かうにつれて基板 P の表面に対して離れるように（上に向かうように）傾斜している。トラップ部材 3 0 は、例えばステンレス等の金属により形成されている。

図 2 に示すように、トラップ部材 3 0 は平面視環状部材であって、回収部材 2 2 に嵌合するように回収部材 2 2 の外側面に接続されている。そして、トラップ部材 3 0 のトラップ面 3 1 は投影領域 A R 1（液浸領域 A R 2）を取り囲むように配置されており、本実施形態におけるトラップ部材 3 0 及びこの下面のトラップ面 3 1 は平面視略楕円形状となっている。すなわち、トラップ部材 3 0 のトラップ面 3 1 は投影光学系 P L の光軸 A X を基準として、放射方向の長さがその位置に応じて異なるように設けられている。本実施形態では、走査方向（X 軸方向）におけるトラップ面 3 1 の長さが、非走査方向（Y 軸方向）に対して長くなっている。更に具体的には、投影領域 A R 1 の Y 軸方向中央部に対応する位置におけるトラップ面 3 1 の長さが最も長くなっている。

トラップ面 31 には、液体 1 との親和性を高める親液化処理（親水化処理）が施されている。本実施形態において、液体 1 は水であるため、トラップ面 31 には水との親和性に応じた表面処理が施されている。なお、基板 P の表面には撥水性（接触角 $70 \sim 80^\circ$ 程度）の ARF エキシマレーザ用の感光材（例えば、東京応化工業株式会社製 TARF-P6100）が塗布されており、トラップ面 31 の液体 1 に対する液体親和性が基板 P の表面の液体 1 に対する液体親和性よりも高くなっている。

トラップ面 31 に対する表面処理は液体 1 の極性に応じて行われる。本実施形態における液体 1 は極性の大きい水であるため、トラップ面 31 に対する親水化処理として、例えばアルコールなど極性の大きい分子構造の物質で薄膜を形成することで、このトラップ面 31 に対して親水性を付与する。あるいは、トラップ面 31 に対して、例えば処理ガスとして酸素（ O_2 ）を用いてプラズマ処理する O_2 プラズマ処理を施すことによっても親水性を付与することができる。このように、液体 1 として水を用いる場合にはトラップ面 31 に OH 基など極性の大きい分子構造を持ったものを表面に配置させる処理が望ましい。ここで、表面処理のための薄膜は液体 1 に対して非溶解性の材料により形成される。また、親液化処理は、使用する液体 1 の材料特性に応じてその処理条件を適宜変更される。

次に、上述した露光装置 EX を用いてマスク M のパターン像を基板 P に露光する方法について説明する。

ここで、本実施形態における露光装置 EX は、マスク M と基板 P とを X 軸方向（走査方向）に移動しながらマスク M のパターン像を基板 P に投影露光するものであって、走査露光時には、投影光学系 PL の先端部直下の矩形状の投影領域 AR1 にマスク M の一部のパターン像が投影され、投影光学系 PL に対して、マスク M が -X 方向（又は +X 方向）に速度 V で移動するのに同期して、XY ステージ 53 を介して基板 P が +X 方向（又は -X 方向）に速度 $\beta \cdot V$ （ β は投影倍率）

で移動する。そして、図5の平面図に示すように、基板P上には複数のショット領域S1～S12が設定されており、1つのショット領域への露光終了後に、基板Pのステッピング移動によって次のショット領域が走査開始位置に移動し、以下、ステップ・アンド・スキャン方式で基板Pを移動しながら各ショット領域に対する走査露光処理が順次行われる。なお、本実施形態では、制御装置CONTは、投影光学系PLの光軸AXが図5の破線矢印58に沿って進むようにレーザー干渉計56の出力をモニタしつつXYステージ53を移動するものとする。

まず、マスクMがマスクステージMSTにロードされるとともに、基板Pが基板ステージPSTにロードされる(図1参照)。次いで、走査露光処理を行うに際し、制御装置CONTは液体供給機構10を駆動し、基板P上に対する液体供給動作を開始する。液浸領域AR2を形成するために液体供給機構10の第1、第2液体供給部11、12のそれぞれから供給された液体1は、供給管11A、12Aを流通した後、第1、第2供給部材13、14を介して基板P上に供給され、投影光学系PLと基板Pとの間に液浸領域AR2を形成する。ここで、図4に示すように、供給管11A、12Aを流通した液体1は供給部材13、14の内部流路13H、14Hの幅方向に拡がり、供給口13A、14Aより基板P上の広い範囲に供給される。このとき、供給口13A、14Aは投影領域AR1のX軸方向(走査方向)両側に配置されており、制御装置CONTは、液体供給機構10の供給口13A、14Aより投影領域AR1の両側から基板P上への液体1の供給を同時に行う。

液体供給機構10は、投影領域AR1の両側に設けられている供給口13A、14Aより、すなわち、投影領域AR1に対して異なる複数の方向(+X方向、-X方向)に離れた複数の位置から液体1を同時に供給する。これにより、供給口13A、14Aから基板P上に供給された液体1は液浸領域AR2を少なくとも投影領域AR1より広い範囲で形成する。

本実施形態において、投影領域AR1の走査方向両側から基板Pに対して液体

1 を供給する際、制御装置CONTは、液体供給機構10の第1、第2液体供給部11、12の液体供給動作を制御し、走査方向に関して、投影領域AR1の手前から供給する単位時間あたりの液体供給量を、その反対側で供給する液体供給量よりも多く設定する。例えば、基板Pを+X方向に移動しつつ露光処理する場合、制御装置CONTは、投影領域AR1に対して-X側（すなわち供給口13A）からの液体量を、+X側（すなわち供給口14A）からの液体量より多くし、一方、基板Pを-X方向に移動しつつ露光処理する場合、投影領域AR1に対して+X側からの液体量を、-X側からの液体量より多くする。

また、制御装置CONTは、液体回収機構20の液体回収部21を駆動し、液体供給機構10による液体1の供給動作と並行して、基板P上の液体回収動作を行う。これにより、図4に示すように、供給口13A、14Aより投影領域AR1に対して外側に流れる基板P上の液体1は、回収口22Aより回収される。回収口22Aから回収された液体1は仕切部材23により仕切られた分割空間24のそれぞれを流通した後、マニホールド部25に集合する。マニホールド部25に集合した液体1は回収管21Aを通して液体回収部21に回収される。このように、本実施形態では、1つの液体回収部21に対して複数の分割空間24が接続されている構造を備えている。そして、液体回収機構20は、投影領域AR1を取り囲むように設けられている回収口22Aより、投影領域AR1に対して異なる複数の方向に離れた複数の位置、すなわち、矩形の投影領域AR1の4つの側（+X方向側、-X方向側、+Y方向側、-Y方向側）から基板P上の液体1の回収を同時に行う。

制御装置CONTは、液体供給機構10及び液体回収機構20により基板Pの表面に対する液体1の供給と並行して基板P上の液体1の回収を行いつつ、基板Pを支持する基板ステージPSTをX軸方向（走査方向）に移動しながら、マスクMのパターン像を投影光学系PLと基板Pとの間の液体1及び投影光学系PLを介して基板P上に投影露光する。このとき、液体供給機構10は走査方向に関して投影領域AR1の両側から供給口13A、14Aを介して液体1の供給を同

時に行っているため、液浸領域A R 2は均一且つ良好に形成されている。また、液体回収機構20は、投影領域A R 1を囲む回収部材22の回収口22Aを介して投影領域A R 1の走査方向両側を含む投影領域A R 1周囲の複数の位置において液体1の回収を同時に行っているため、液体1の基板P周囲への流出や飛散を防止している。なお、本実施形態においては、基板P表面の感光材との親和性が低い純水を液体1として供給するようにしているため、液体回収機構20による回収を円滑に行うことができる。

図6(a)は、基板Pを+X方向に移動しながら基板P上に設定された第1のショット領域(例えば図5のS1、S3など)を露光処理する際の液体1の挙動を示す模式図である。図6(a)において、投影光学系PLと基板Pとの間の空間に対して供給口13A、14Aから液体1が同時に供給され、これにより投影領域A R 1を含むように液浸領域A R 2が形成される。ここで、投影領域A R 1に対して-X側に設けられている供給口13Aから供給される液体1の単位時間あたりの液体量が、+X側に設けられている供給口14Aから供給される液体1の単位時間あたりの液体量より多く設定されているため、供給口13Aから供給された液体1は+X方向に移動する基板Pに引っ張られるようにして、投影光学系PLと基板Pとの間の空間に円滑に配置される。また、供給口13A、14Aより外側に流出しようとする液体1は回収口22Aより回収され、基板P周囲に流出したりする不都合の発生が抑えられている。

ここで、基板Pが+X方向に移動することにより、投影領域A R 1に対して+X側に移動する液体量が増し、+X側に液体回収位置を設けている回収口22Aが液体1を全て回収できない場合がある。ところが、図6(a)に示すように、+X側の回収口22Aで回収しきれなかった液体1はこの液体回収位置より+X側に設けられているトラップ部材30のトラップ面31で捕捉されるため、基板Pの周囲等に流出したり飛散したりすることがない。ここで、トラップ面31は液体1に対して親液化処理されており、しかも基板Pの表面より高い液体親和性を有しているため、回収口22Aの液体回収位置より外側に流出しようとする液

体 1 は、基板 P 側に引っ張られずにトラップ面 3 1 側に引っ張られる。これにより、基板 P 上に液体 1 が残存する等の不都合の発生が抑えられている。

ここで、トラップ面 3 1 は投影領域 A R 1 を含む液浸領域 A R 2 を基準として外側に向かうにつれて上方向に傾斜しているため、液体 1 の外部への流出をより効果的に防止できる。つまり、上方向に傾斜していることにより、基板 P と投影光学系 P L との間の第 1 の体積（基板 P の単位面積に対応する体積）に対して、基板 P とトラップ面 3 1 との間の第 2 の体積のほうが大きくなるため、流出しようとする液体 1 は第 2 の体積部分に円滑に保持される。また、上方向に傾斜していることにより、外側に流出しようとする流体エネルギーはトラップ面 3 1 に沿って上方向に移動することで位置エネルギーに変換され、これにより液体 1 の外側への流出を効果的に防止できる。

また、+X 側に設けられている供給口 1 4 A から供給される液体量は、-X 側に設けられている供給口 1 3 A から供給される液体量に対して少なく設定されている。すなわち、+X 側の回収口 2 2 A に対して供給口 1 3 A より近い位置にある供給口 1 4 A からの液体供給量が少なく設定されているので、+X 側に移動する基板 P に液体 1 が引っ張られても、基板 P の +X 側から外部に流出しようとする液体量が抑えられている。

第 1 のショット領域の露光処理が終了したら、制御装置 C O N T は、投影光学系 P L の投影領域 A R 1 を前記第 1 のショット領域とは別の第 2 のショット領域に配置するために、基板 P をステッピング移動する。具体的には、例えばショット領域 S 1 に対する走査露光処理終了後、ショット領域 S 2 に対して走査露光処理するために、制御装置 C O N T は基板 P 上の 2 つのショット領域 S 1、S 2 間で Y 軸方向にステッピング移動する。このとき、液体供給機構 1 0 は、基板 P 上の 2 つのショット領域間のステッピング移動中における液体 1 の供給量を、ショット領域の露光中における供給量に対して異ならせる。具体的には、制御装置 C O N T は、ステッピング移動中での液体供給機構 1 0 からの基板 P 上に対する単

位時間あたりの液体供給量を、ショット領域の走査露光中の液体供給量より少なくする。これにより、露光処理に寄与しないステッピング移動中での基板Pに対する液体供給量が抑えられ、露光処理全体（基板Pが基板ステージPSTにロードされて全ショット領域S1～S12に対する露光処理が終了して基板ステージPSTからアンロードされるまで）における液体使用量を抑えることができる。このように、制御装置CONTは、露光処理実行動作の一部を構成する基板Pの移動動作（ステッピング移動又は走査移動）に応じて、第1、第2液体供給部11、12それぞれの単位時間あたりの液体供給量を変える。

ここで、液体供給機構10は、基板Pのステッピング移動中において液体1の単位時間あたりの供給量を低減させるが、液体1の供給動作を維持（継続）する。つまり、液体供給機構10は、ショット領域が変わることにより走査方向が変わったり、あるいはステッピング移動時においても、供給口13A、14Aからの液体供給動作を維持（継続）する。このように、液体供給機構10は、基板P上の複数のショット領域を順次露光するときに、複数の位置に設けられた供給口13A、14Aから液体1を供給し続け、走査方向に応じて液体供給位置を変えたり、ステッピング移動時に液体供給位置を変えたりしない。換言すれば、液体供給機構10は、1つの基板Pに関する一連の露光処理動作が終了するまで（基板Pが基板ステージPSTにロードされて全ショット領域S1～S12に対する露光処理が終了して基板ステージPSTからアンロードされるまで）、複数の位置から液体1を供給し続ける。これにより、液体1の供給及び停止に起因する液体の振動（ウォーターハンマー現象）の発生を防止することができる。

図6（b）は、基板Pを-X方向に移動しながら基板P上に設定された第2のショット領域（例えば図5のS2、S4など）を露光処理する際の液体1の挙動を示す模式図である。図6（b）において、投影光学系PLと基板Pとの間の空間に対して供給口13A、14Aから液体1が供給され、これにより投影領域ARR1を含むように液浸領域ARR2が形成される。ここで、投影領域ARR1に対して+X側に設けられている供給口14Aから供給される液体1の単位時間あたり

の液体量が、 $-X$ 側に設けられている供給口13Aから供給される液体1の単位時間あたりの液体量より多く設定されているため、供給口14Aから供給された液体1は $-X$ 方向に移動する基板Pに引っ張られるようにして、投影光学系PLと基板Pとの間の空間に円滑に配置される。このように、制御装置CONTは、露光処理実行動作の一部を構成する基板Pの移動方向（移動動作）に応じて、第1、第2液体供給部11、12それぞれの単位時間あたりの液体供給量を変える。また、供給口13A、14Aより外側に流出しようとする液体1は回収口22Aより回収され、基板P周囲に流出したりする不都合の発生を抑えられている。

ここで、基板Pが $-X$ 方向に移動することにより、 $+X$ 側のトラップ面31に捕捉されている液体1はトラップ面31に沿って下降し、液体回収機構20の回収口22Aより回収される。これにより、液体1の残存や外部への流出を確実に防止することができる。そして、基板Pの $-X$ 側への移動に伴って $-X$ 側に移動する液体量が増し、これにより $-X$ 側の回収口22Aで液体1を全て回収しきれなくても、図6(b)に示すように、この液体回収位置より $-X$ 側に設けられているトラップ部材30のトラップ面31で液体1が捕捉される。

なお、ここでは、トラップ面31は投影領域AR1に対して外側に向かうにつれて上方向に傾斜するように形成されているが、水平（0度）であってもよい。一方、トラップ面31が下方向に傾斜していると、外側に流出しようとする流体エネルギーは位置エネルギーに変換されず、しかも逆方向に基板Pが移動する際にも流体1はトラップ面31に沿って下降するように回収口22Aまで移動しないため、液体1を回収口22Aで円滑に回収することができない。したがって、トラップ面31は水平面（0度）または上方向への傾斜面であることが好ましい。

なお、基板P上に対する単位時間あたりの液体供給量が多い場合や、走査速度が高速である場合、外側に流出しようとする液体量も多くなるので、トラップ面31の傾斜角度はこれら液体供給量及び走査速度に応じて最適角度に設定されている。つまり、液体供給量が多い場合や走査速度が高速である場合には、トラッ

ブ面 3 1 の傾斜角度は大きく設定される。一方、トラップ面 3 1 の傾斜角度が大きすぎると、トラップ面 3 1 で液体 1 を捕捉（保持）しきれなくなる場合がある。ここで、親液化処理による親液性を強くすることでトラップ面 3 1 の液体保持力が大きくなるので、傾斜角度を大きくする場合、親液化処理の処理条件を変更してトラップ面 3 1 に対して最適な親液性を付与することにより、傾斜角度を大きくしても液体 1 を保持することができる。そこで、トラップ面 3 1 の傾斜角度は、液体供給量、走査速度、及び液体の材料特性（トラップ面の液体親和性）等の各パラメータに基づいて、最適角度に設定される。

ところで、本実施形態の回収部材 2 2 は、円環状に連続的に形成された回収口 2 2 A と、回収口 2 2 A の内部に設けられた仕切部材 2 3 と、この仕切部材 2 3 で分割された複数の分割空間 2 4 とを有する構成であって、複数の分割空間 2 4 を集合するマニホールド部 2 5 に回収管 2 1 A を介して液体回収部 2 1 が接続されている構成である。これにより、真空ポンプ等を含んで構成される液体回収部 2 1 は 1 つ設ければいいため、装置構成を簡略化できる。ここで、回収部材 2 2 の周方向の各位置のそれぞれにおいて液体 1 を回収するための吸引負荷が異なる状態が発生し、これにより液体回収部 2 1 の吸引力が低下し、回収動作を円滑に行うことができなくなる場合がある。しかしながら、仕切部材 2 3 を設けたことにより回収動作を円滑に行うことができる。つまり、例えば、液体 1 の挙動に起因して、回収部材 2 2 のうち +X 側の回収口 2 2 A では液体 1 のみが回収（吸引）されているのに対し、-X 側の回収口 2 2 A では空気を含んで（空気をかみこんで）吸引する状態が発生する場合がある。この場合、-X 側の回収口 2 2 A における空気かみこみ領域が拡がり、本実施形態のように一系統の液体回収部 2 1 で液体 1 を回収する場合、かみこんだ空気により液体回収部 2 1 を構成する真空ポンプの吸引力が低下する不都合が生じる場合がある。ところが、連続的に形成された回収口 2 2 A の内部（内部空間 2 2 H）に仕切部材 2 3 を設けて互いに独立した分割空間 2 4 を設けたことにより、空気をかみこむ領域に対して液体 1 のみを吸引する領域を空間的に分離できるので、空気かみこみ領域が拡がったりかみこんだ空気により液体回収部 2 1 の吸引力が低下するといった不都合の発生を防

止でき、これにより液体回収部 21 が一系統であっても液体回収機構 20 は液体 1 を円滑に回収することができる。

以上説明したように、液浸領域 A R 2 を形成するために、投影領域 A R 1 に対して異なる複数の方向に離れた複数の位置で（投影領域 A R 1 の互いに異なる複数の側から）基板 P 上の液体 1 の供給を同時に行う液体供給機構 10 を設けたので、基板 P が走査方向（± X 方向）及びステッピング方向（± Y 方向）を含む複数の方向に移動する場合であっても、投影光学系 P L と基板 P との間に液浸領域 A R 2 を常に円滑且つ良好に形成することができる。したがって、高い解像度及び広い焦点深度のもとで露光処理を行うことができる。

基板 P 上の複数のショット領域のそれぞれを順次露光処理する際に、液体供給機構 10 により複数の位置から液体 1 を供給し続けるようにしたので、液体 1 の供給及び停止に伴う液体振動（ウォーターハンマー現象）の発生を防止することができる、これにより転写されるパターン劣化を防止することができる。

また、液体供給機構 10 は、供給口 13 A、14 A より、投影領域 A R 1 の走査方向両側から液体 1 を供給するようにしたので、供給された液体 1 は走査方向に移動する基板 P に引っ張られるようにして投影領域 A R 1 に濡れ拡がるため、液浸領域 A R 2 は投影領域 A R 1 を含むように円滑に形成される。そして、本実施形態では、液体供給機構 10 は、走査方向に関して、投影領域 A R 1 の手前から供給する液体量を、その反対側で供給する液体量よりも多くするので、基板 P 上に供給された液体 1 は、移動する基板 P に引っ張られるようにして基板 P の移動方向に沿って流れ、投影光学系 P L と基板 P との間の空間に引き込まれるようにして円滑に配置される。したがって、液体供給機構 10 から供給された液体 1 は、その供給エネルギーが小さくても投影光学系 P L と基板 P との間に円滑に配置され、液浸領域 A R 2 を良好に形成することができる。そして、走査方向に応じて供給口 13 A、14 A それぞれから供給する液体量を変更することで液体 1 の流れる方向を切り替えることができ、これにより + X 方向、又は - X 方向のど

ちらの方向に基板Pを走査する場合にも、投影光学系PLと基板Pとの間に液浸領域AR2を円滑に形成することができ、高い解像度及び広い焦点深度を得ることができる。

また、液体回収機構20の回収部材22は、投影領域AR1及び供給部材13、14を囲むように円環状に形成されており、投影領域AR1に対して異なる複数の方向に離れた複数の位置で（投影領域AR1の異なる複数の側から）基板P上の液体1の回収を同時に行うため、基板P外側への液体1の流出や飛散等といった不都合の発生を確実に防ぐことができる。即ち、液体回収機構20は、1つの基板Pに関する一連の露光処理動作が終了するまで（基板P上の全ショット領域S1～S12に対する露光処理が終了して、液浸領域AR2を形成していた液体1の回収が完了するまで）、投影領域AR1を取り囲むように配置されている回収口22Aから回収動作を継続的に行っているため、基板Pの一連の露光処理動作中に液体1がいずれの方向に濡れ拡がった場合でも、液体1を良好に回収することができる。また、基板Pに関する一連の露光処理動作中に、回収口22Aからの液体の吸引を停止させる必要がないので、液体の吸引停止に伴う振動を抑えることができる。

また、液体回収機構20で回収しきれなかった液体1を捕捉するトラップ部材30を設けたことにより、基板P外側への液体1の流出や飛散等の不都合の発生を防止できる。そして、本実施形態において、トラップ面31は、液体1が基板P外側に最も流出しやすい走査方向（X軸方向）に沿う方向を長手方向とする平面視楕円形状に形成されているため、液体1の外部への流出を確実に防止できる。また、トラップ面31には液体1との親和性を高める親液化処理が施されているので、流出しようとする液体1を良好に捕捉することができる。更に、トラップ面31の液体親和性は、基板P表面の液体親和性よりも高くなるように表面処理されているので、外部に流出しようとする液体1は基板Pに付着せずにトラップ面31に捕捉されるため、基板Pの表面に液体1が残存するといった不都合の発生を防止できる。また、トラップ面31は投影領域AR1に対して外側に向かう

につれて上方向に傾斜しているので、外部に流出しようとする液体 1 を良好に捕捉でき、しかも、基板 P の走査方向が逆方向になった際、捕捉されている液体 1 はトラップ面 3 1 を下方に伝わるため、このトラップ面 3 1 に接続する回収口 2 2 A で良好に回収される。

また、液体供給機構 1 0 からは、投影光学系 P L の先端の液体接触面 2 a との親和性が、基板 P 表面に塗布された感光材との親和性よりも高い、液体（水） 1 を液浸露光用に供給するようにしているので、投影光学系 P L と基板 P との間の光路を液体 1 で確実に満たすことができるとともに、基板（P）上に供給された液体（1）が円滑に回収され、液体 1 の流出や飛散等の不都合を防止できる。

なお、本実施形態では投影領域 A R 1 の走査方向両側から液体 1 を供給する際、走査方向に関して手前から供給する液体量をその反対側で供給する液体量よりも多くしているが、投影領域 A R 1 の両側から供給する液体 1 を同量にしてもよい。この場合も、走査方向を切り替える際にも液体 1 の供給量変動が生じないため、ウォーターハンマー現象の発生をより確実に防止できる。一方、液体 1 を供給し続けながら、走査方向に応じて投影領域 A R 1 の走査方向両側から供給する液体量を変化させることにより、ウォーターハンマー現象の発生を抑えつつ液体 1 の使用量を抑えることができる。

なお、本実施形態では、1 枚の基板 P に対する露光処理動作中は供給口 1 3 A、1 4 A からの液体 1 の供給をし続ける構成であるが、途中で停止してもよい。例えば、基板 P を + X 側に走査移動する際には供給口 1 4 A からの液体供給を停止して供給口 1 3 A のみから液体 1 を供給し、基板 P を - X 側に走査移動する際には供給口 1 3 A からの液体供給を停止して供給口 1 4 A のみから液体 1 を供給する構成であってもよい。更には、基板 P のステッピング移動時には、液体供給機構 1 0 は基板 P に対する液体 1 の供給を停止する構成でもよい。この場合、走査露光を開始するに際し、液体 1 の供給を所定時間行って液体振動がおさまるのを待ってから走査露光すればよい。このような構成とすることにより液体 1 の使用

量を抑えることができる。一方、液体1を供給し続けることにより、液体振動がおさまるまでの待ち時間を設定する必要があるため、スループットを向上できる。

本実施形態では、液体供給機構10の供給口13A、14Aは投影領域AR1に対して走査方向両側に設けられている構成であるが、例えば投影領域AR1の周りを全て囲むように、すなわち投影領域AR1の非走査方向両側にも供給口(供給部材)を設けるようにしてもよい。そして、投影領域AR1を囲むように設けられた供給口のそれぞれから基板P上に液体1を供給するようにしてもよい。ここで、投影領域AR1に対して走査方向両側のそれぞれと、非走査方向両側のそれぞれとに供給口を設けた際、すなわち、投影領域AR1を囲むように互いに独立した4つの供給口を設けた際、基板Pを走査方向に移動しつつ露光処理する際には、4つの供給口の全てから液体1を供給してもよいし、走査方向両側に設けられた供給口のみから液体1を供給し、非走査方向両側に設けられた供給口からの液体供給を停止(あるいは少量供給)してもよい。そして、非走査方向に基板Pを移動するとき、非走査方向両側に設けられた供給口から液体を供給するようにしてもよい。あるいは、投影領域AR1を囲むように環状の供給部材を設け、この供給部材を介して基板P上に液体1を供給する構成であってもよい。この場合、液体1を供給部材に送出する液体供給部は1つでよいから、装置構成を簡略化できる。一方、上記実施形態のように、投影領域AR1に対して走査方向両側に供給口13A、14Aがあれば投影領域AR1を十分に液浸領域AR2にすることができ、液体1の使用量を抑えることができる。

また、本実施例では、液体供給機構10の供給口13A、14Aは投影領域AR1に対して走査方向両側に設けられている構成であるが、投影光学系PLと基板Pとの間が液体1で十分に満たされる場合には、投影領域AR1の近くに配置された1箇所の供給口から液体を供給するようにしてもよい。この場合も、1枚の基板P上の全ショットの露光が終了するまで、その1箇所の供給口から液体を供給し続けることによって、ウォーターハンマー現象の発生を抑えつつ、液体1の使用量を抑えることができる。

なお、上記実施形態では、第1、第2供給部材13、14と回収部材22とは離れているが、第1、第2供給部材13、14と回収部材22とは接続されていてもよいし、第1、第2供給部材13、14と回収部材22との間にこれらを接続する接続部材を設けてもよい。また、上記実施形態では、供給部材13、14の内部流路13H、14Hや回収部材22の内部流路22Hは基板Pの表面に対して垂直であるように説明したが、傾斜していてもよい。例えば、供給部材13、14の内部流路13H、14H（あるいは供給口13A、14A）を投影領域AR1側に向くように設けてもよい。更に、供給口13A、14Aと回収部材22の回収口22Aとの基板Pの表面に対する距離（高さ）を異なるように設けてもよい。

なお、供給部材13、14を含む液体供給機構10、及び回収部材22を含む液体回収機構20のそれぞれは、投影光学系PL及びこの投影光学系PLを支持する支持部材以外の支持部材で支持されることが好ましい。これにより、液体回収機構10や液体回収機構20で発生した振動が、投影光学系PLに伝達することを防ぐことができる。また逆に、投影光学系PLと供給部材13、14とを隙間無く接触させることにより、液体1への大気の混入を防ぐ効果も期待できる。

以下、本発明の他の実施形態について説明する。ここで、以下の説明において、上述した実施形態と同一又は同等の構成部分については同一の符号を付し、その説明を簡略もしくは省略する。

上記実施形態に係る液体回収機構20は、1つの液体回収部21と、この液体回収部21に回収管21Aを介して接続され、円環状に連続的に形成された回収口22Aを有する回収部材22とを備えた構成であるが、複数の液体回収部を設けてもよい。これにより回収口22Aの各回収位置での回収力のばらつきを抑えることが可能となる。また、制御装置CONTはこの複数の液体回収部のそれぞれの回収力を液体回収位置に応じて異ならせるようにしてもよい。このことを図

7を参照しながら説明する。

図7は、本発明の他の実施形態を示す図であって、液体回収機構20の他の例を示す平面模式図である。図7において、液体回収機構20は、第1液体回収部26と、第2液体回収部27と、この第1液体回収部26に回収管26Aを介して接続された第1回収部材28と、第2液体回収部27に回収管27Aを介して接続された第2回収部材29とを備えている。第1、第2回収部材28、29のそれぞれは平面視略円弧状に形成されており、第1回収部材28は投影領域AR1の-X側に配置され、一方、第2回収部材29は投影領域AR1の+X側に配置されている。なお、第1、第2回収部材28、29は、上記実施形態同様、基板P側を向く回収口と、その内部に設けられた仕切部材とを備えている。また、第1、第2液体回収部26、27の回収動作は制御装置CONTによりそれぞれ独立して行われる。

基板P上のショット領域を走査露光するに際し、制御装置CONTは液体供給機構10より液体1を基板P上に供給するとともに、液体回収機構20のうち第1、第2液体回収部26、27のそれぞれを駆動し、基板P上の液体1を回収する。ここで、制御装置CONTは、液体回収機構20の液体回収力を、液体回収位置に応じて異なるように制御する。具体的には、制御装置CONTは、走査方向に関して、投影領域AR1の手前での単位時間あたりの液体回収量（回収力）を、その反対側での液体回収量よりも少なく設定する。すなわち、走査方向前方側（液体1が流れる下流側）での液体回収力を多くする。具体的には、基板Pが+X方向に移動しているときには、投影領域AR1に対して+X側に設けられた第2回収部材29（第2液体回収部27）による回収力を、-X側に設けられた第1回収部材28（第1液体回収部26）による回収力より大きくする。これにより、外部への流体1の流出を防ぎつつ基板P上の液体回収動作を円滑に行うことができる。

なお、上記実施形態では、第1、第2液体回収部26、27による液体回収動

作を同時に行う構成であるが、別々に行う構成であってもよい。例えば、基板 P が +X 方向に移動しているときには、投影領域 A R 1 に対して +X 側に設けられた第 2 回収部材 2 9（第 2 液体回収部 2 7）による液体回収動作のみを行い、第 1 回収部材 2 8（第 1 液体回収部 2 6）による液体回収動作を停止する構成であってもよい。この場合、液体 1 は主に +X 側に流れるため、第 2 液体回収部 2 7 の回収動作のみによっても液体 1 を回収できる。

また、上記各実施形態では、液体回収機構 2 0 の回収部材は投影領域 A R 1 の全部を囲むように配置されているが、投影領域 A R 1 の走査方向両側のみにある構成であってもよい。

また、上記各実施形態では、液体回収機構 2 0 の回収部材は投影領域 A R 1 を取り囲むように連続的に形成されているが、図 8 に示すように、複数の回収部材 2 2 D を断続的に配置する構成であってもよい。同様に、液体供給機構 1 0 についても複数の供給部材 1 3 D、1 4 D を断続的に配置する構成であってもよい。この場合も、投影領域 A R 1 を取り囲むように配置された回収口で回収動作を継続的に行っているため、液体 1 のいずれの方向に濡れ拡がった場合でも、液体 1 を良好に回収することができる。

また、液体回収機構 2 0 の回収部材を複数設けた場合等において、液体回収機構 2 0 は、投影領域 A R 1 に対して走査方向に離れた位置での液体回収力（単位時間あたりの液体回収量）を、それとは別の位置、具体的には非走査方向に離れた位置での液体回収力よりも大きくすることにより、走査露光する際、基板 P 上の液体 1 を円滑に回収することができる。

また、仕切部材 2 3 により分割された分割空間 2 4 のそれぞれに対して真空ポンプ等を有する複数の液体回収部を回収管を介してそれぞれ接続し、これら複数の液体回収部の回収動作を個別に制御することで、液体回収位置に応じて回収力を異ならせるようにしてもよい。なお、分割空間 2 4 のそれぞれに個別に液体回

収部を接続せず、1つの液体回収部と複数の分割空間24のそれぞれとを複数の回収管で接続し、これら回収管のそれぞれに弁を設け、弁の開度を調整することで、液体回収位置に応じて回収力を異ならせるようにしてもよい。更には、前記複数の回収管それぞれの長さを変えることで、圧力損失により各分割空間24での回収力を異ならせることも可能である。

なお、上記各実施形態では、液体供給機構10の供給部材は平面視略円弧状であるが、図9に示すように、直線状であってもよい。ここで、図9に示す平面視直線状の供給部材13、14は、投影領域AR1の走査方向両側にそれぞれ設けられている。同様に、液体回収機構20の回収部材22も円環状に限らず、図9に示すように矩形状であってもよい。

図10(a)に示すように、液体供給機構10の供給部材13(14)の内部流路13H(14H)に多孔質体40を設けてもよい。あるいは図10(b)に示すように、仕切部材41を設けてスリット状の流路を形成してもよい。こうすることにより、供給部材13(14)から基板P上に供給される液体1を整流でき、基板P上で乱流が発生したり液体が振動したりする不都合の発生を抑えることができる。

上記各実施形態では、トラップ部材30(トラップ面31)は平面視楕円形状であるように説明したが、真円形状、あるいは矩形状であってもよい。一方、液体1が流出しやすいのは投影領域AR1の走査方向両側であるため、上記実施形態のように、トラップ部材30を楕円形状にすることにより、流出しようとする液体1を良好に捕捉できる。また、上記実施形態では、トラップ部材30(トラップ面31)は楕円形状であって回収部材22の液体回収位置の外側全部に回収部材22を取り囲むように設けられている構成であるが、例えば投影領域AR1の走査方向両側のみに設け、投影領域AR1に対して非走査方向に離れた位置には設けない構成とすることができる。液体1が流出しやすいのは走査方向両側であるため、投影領域AR1の走査方向両側にトラップ部材30を設けるだけでも、

流出しようとする液体 1 を良好に捕捉できる。また、トラップ面 3 1 の傾斜角度はその位置に応じて異なるように設定されていてもよい。例えば、トラップ面 3 1 のうち投影領域 A R 1 の走査方向両側付近の傾斜角度を他の部分より大きくするようにしてもよい。また、トラップ面 3 1 はフラット面である必要は無く、例えば複数の平面を組み合わせた形状であってもよい。

図 1 1 はトラップ部材 3 0 のトラップ面 3 1 の他の実施形態を示す図である。図 1 1 に示すように、トラップ面 3 1 は曲面状であってもよい。具体的には、図 1 1 に示すように、トラップ面 3 1 は断面視例えば 2 次曲線状あるいは円弧状であってもよい。ここで、トラップ面 3 1 は基板 P 側に膨らむ曲面であることが好ましい。このような形状であっても、液体 1 を良好に捕捉することができる。

あるいは、図 1 2 に示すように、トラップ面 3 1 に対して表面積拡大処理、具体的には粗面処理を施してもよい。粗面処理することによりトラップ面 3 1 の表面積が拡大し、液体 1 をより一層良好に捕捉可能となる。なお、粗面処理はトラップ面 3 1 の全面にする必要は無く、トラップ面 3 1 のうち、例えば走査方向に沿った一部の領域のみに粗面処理を施す構成であってもよい。

図 1 3 に示すように、トラップ部材 3 0 を複数のフィン部材 3 2 により構成してもよい。図 1 3 において、フィン部材 3 2 は側面視略三角形状であって、基板 P に対向する辺（下辺）は、投影領域 A R 1 に対して外側に向かうにつれて上方向に傾斜している。そして、これら複数のフィン部材 3 2 は、回収部材 2 2 の外側面に、その長手方向を外側に向けるようにして放射状に取り付けられている。ここで、複数のフィン部材 3 2 どうしは離間しており、各フィン部材 3 2 間には空間部 3 3 が形成されている。回収部材 2 2 で回収しきれなかった液体 1 は、フィン部材 3 2 の間の空間部 3 3 に表面張力で捕捉されることにより、液体 1 の基板 P 外部への流出が防止される。

なお、複数のフィン部材 3 2 は等間隔で設けられてもよいし、不等間隔であっ

てもよい。例えば、走査方向に沿う位置に設けられるフィン部材 3 2 の間隔を、非走査方向に沿う位置に設けられるフィン部材 3 2 の間隔より小さく設定してもよい。また、複数のフィン部材 3 2 それぞれの長さ（放射方向のサイズ）は同じでもよいし、走査方向に沿う位置に設けられるフィン部材 3 2 の長さがそれ以外の位置に設けられるフィン部材 3 2 より長くてもよい。また、トラップ部材 3 0 のうち、一部の領域をフィン部材により構成し残りの領域をトラップ面により構成することもできる。更には、図 4 等を参照して説明したトラップ面 3 1 にフィン部材 3 2 を取り付ける構成であってもよい。なお、フィン部材 3 2 の表面に対しても、液体 1 との親和性を高める親液化処理を施しておくことが好ましい。

上記各実施形態において、トラップ面 3 1（あるいはフィン部材 3 2）に対して親液化処理を施す場合、このトラップ面 3 1 の親液性に分布を持たせるようにしてもよい。換言すれば、表面処理する面上の複数の領域についての液体の接触角がそれぞれ異なる値となるように表面処理を行うことができる。例えば、トラップ面 3 1 のうち投影領域 A R 1 に対して外側の一部の領域の親液性を内側の領域に対して低下するようにしてもよい。更に、トラップ面 3 1 の全部を親液化処理する必要はなく、例えば走査方向に沿う一部の領域のみを親液化処理する構成であってもよい。

なお、上記実施形態では、トラップ面 3 1 に対して親液化処理を施すように説明したが、液体供給機構 1 0 や液体回収機構 2 0 のうち液体 1 が流れる流路の表面に対しても親液化処理を施すことができる。特に、液体回収機構 2 0 の回収部材 2 2 に親液化処理を施しておくことにより、液体回収を円滑に行うことができる。あるいは、液体 1 が接触する鏡筒 P K を含む投影光学系 P L の先端部に対しても親液化処理を施すことができる。なお、光学素子 2 に薄膜を形成する場合、露光光 E L の光路上に配置されるものであるため、露光光 E L に対して透過性を有する材料で形成され、その膜厚も露光光 E L を透過可能な程度に設定される。

また、表面処理のための薄膜は単層膜であってもよいし複数の層からなる膜で

あってもよい。また、その形成材料も、金属、金属化合物、及び有機物など、所望の性能を発揮できる材料であれば任意の材料を用いることができる。

また、基板 P の表面にも液体 1 との親和性に合わせて表面処理を施してもよい。なお、上述したように、トラップ面 3 1 の液体親和性が、基板 P 表面の液体親和性より高いことが好ましい。

次に、図 1 4 を参照しながら本発明に係る液体供給機構 1 0 及び液体回収機構 2 0 の他の実施形態について説明する。

図 1 4 において、液体供給機構 1 0 は、第 1 液体供給部 1 1 及び第 2 液体供給部 1 2 と、投影領域 A R 1 に対して走査方向一方側（－X 側）に設けられた第 1 供給部材 1 3 と、他方側（＋X 側）に設けられた第 2 供給部材 1 4 と、第 1 液体供給部 1 1 と第 1 供給部材 1 3 とを接続する第 1 供給管 4 1 と、第 2 液体供給部 1 2 と第 2 供給部材 1 4 とを接続する第 2 供給管 4 2 とを備えている。第 1、第 2 供給部材 1 3、1 4 は、図 2 及び図 3 を参照して説明した実施形態同様、内部流路 1 3 H、1 4 H と、その下端部に形成された供給口 1 3 A、1 4 A とをそれぞれ備えており、平面視略円弧状に形成されている。

第 1 液体供給部 1 1 と第 1 供給部材 1 3 とを接続する第 1 供給管 4 1 は、直管部 4 3 と、スリット管部 4 4 とを有している。直管部 4 3 の一端部は第 1 液体供給部 1 1 に接続し、直管部 4 3 の他端部はスリット管部 4 4 の一端部に接続している。また、スリット管部 4 4 の他端部は第 1 供給部材 1 3 の内部流路 1 3 H の上端部に接続している。スリット管部 4 4 の一端部は直管部 4 3 とほぼ同じ大きさに形成され、他端部は第 1 供給部材 1 3 の上端部とほぼ同じ大きさに形成されている。そして、スリット管部 4 4 は一端部から他端部に向かって水平方向に漸次拡がるように平面視略三角形状に形成されており、スリット管部 4 4 に形成されているスリット状の内部流路 4 4 H は一端部から他端部に向かって水平方向に漸次拡がるように形成されている。

同様に、第2液体供給部12と第2供給部材14とを接続する第2供給管42は、直管部45と、スリット管部46とを有している。直管部45の一端部は第2液体供給部12に接続し、直管部45の他端部はスリット管部46の一端部に接続している。また、スリット管部46の他端部は第2供給部材14の内部流路14Hの上端部に接続している。スリット管部46の一端部は直管部45とほぼ同じ大きさに形成され、他端部は第2供給部材14の上端部とほぼ同じ大きさに形成されている。そして、スリット管部46は一端部から他端部に向かって水平方向に漸次拡がるように平面視略三角形に形成されており、スリット管部46に形成されているスリット状の内部流路46Hは一端部から他端部に向かって水平方向に漸次拡がるように形成されている。

液体回収機構20は、平面視環状に形成された回収部材22と、複数の液体回収部61～64と、回収部材22と液体回収部61～64のそれぞれとを接続する複数の回収管71～74とを備えている。本実施形態において、液体回収部は第1～第4液体回収部61～64の4つで構成され、これに対応するように回収管は第1～第4回収管71～74の4つで構成されている。回収部材22は、図2及び図3を参照して説明した実施形態同様、環状の内部流路22Hと、その下端部に形成された回収口22Aとを備えている。なお、図14に示す実施形態の内部流路22Hには仕切部材(23)が設けられていない。液体回収機構20の回収部材22は、液体供給機構10の第1、第2供給部材13、14の外側に配置されている。

複数の液体回収部のうち第1液体回収部61と回収部材22とを接続する第1回収管71は、直管部75と、スリット管部76とを有している。直管部75の一端部は第1液体回収部61に接続し、直管部75の他端部はスリット管部76の一端部に接続している。また、スリット管部76の他端部は回収部材22の内部流路22Hの上端部に接続している。ここで、スリット管部76の一端部は直管部75とほぼ同じ大きさに形成され、一方、スリット管部76の他端部は円環

状の回収部材 2 2 の上端部の略 1 / 4 の大きさに形成されている。そして、スリット管部 7 6 は一端部から他端部に向かって水平方向に漸次拡がるように平面視略三角形に形成されており、スリット管部 7 6 に形成されているスリット状の内部流路 7 6 H は一端部から他端部に向かって水平方向に漸次拡がるように形成されている。

同様に、第 2 液体回収部 6 2 と回収部材 2 2 とを接続する第 2 回収管 7 2 は、直管部 7 7 と、スリット管部 7 8 とを有しており、スリット管部 7 8 の一端部は直管部 7 7 とほぼ同じ大きさに形成され、一方、スリット管部 7 8 の他端部は円環状の回収部材 2 2 の上端部の略 1 / 4 の大きさに形成されている。そして、スリット管部 7 8 は平面視略三角形に形成され、スリット管部 7 8 に形成されているスリット状の内部流路 7 8 H は一端部から他端部に向かって水平方向に漸次拡がるように形成されている。また、第 3 液体回収部 6 3 と回収部材 2 2 とを接続する第 3 回収管 7 3 は、直管部 7 9 と、スリット管部 8 0 とを有しており、第 4 液体回収部 6 4 と回収部材 2 2 とを接続する第 4 回収管 7 4 は、直管部 8 1 と、スリット管部 8 2 とを有している。そして、スリット管部 8 0、8 2 の他端部は円環状の回収部材 2 2 の上端部の略 1 / 4 の大きさにそれぞれ形成されている。そして、スリット管部 8 0、8 2 のそれぞれは平面視略三角形に形成され、スリット管部 8 0、8 2 に形成されているスリット状の内部流路 8 0 H、8 2 H のそれぞれは一端部から他端部に向かって水平方向に漸次拡がるように形成されている。

液体供給機構 1 0 及び液体回収機構 2 0 を構成する部材のうち液体が流通する部材、具体的には供給管 4 1、4 2、及び回収管 7 1 ~ 7 4 は、上述したように、ポリ四フッ化エチレン等の合成樹脂により形成されてもよいし、例えばステンレス鋼やアルミニウム等の金属により形成されてもよい。本実施形態では、液体が流通する部材は金属製である。特に、液体供給機構 1 0 及び液体回収機構 2 0 のうち液体の流路を構成する部材をアルミニウムとすることにより、アルミニウムは液体（水）との接触角が小さいため、液体を円滑に流通することができる。ま

た、図14には示されていないが、液体回収機構20の回収部材の周囲には先の実施形態と同様にトラップ部材30が設けられている。

次に、液体供給機構10及び液体回収機構20の動作について説明する。液浸領域(AR2)を形成するために、制御装置CONTは、液体供給機構10の第1、第2液体供給部11、12のそれぞれを駆動する。第1、第2液体供給部11、12のそれぞれから送出された液体1は、第1、第2供給管41、42のそれぞれを流通した後、第1、第2供給部材13、14を介して基板P上に供給される。ここで、第1液体供給部11から送出された液体1は、第1供給管41の直管部43を流通した後、スリット管部44を流通することで水平方向(横方向)に拡がり、スリット管部44の他端部において、第1供給部材13の内部流路13H(供給口13A)のほぼY軸方向のサイズまで拡がった後、第1供給部材13の内部流路13Hを介して基板P上に供給される。これにより、液体1は、Y軸方向を長手方向とする略円弧状の供給口13Aの各位置においてほぼ均一な液体供給量で基板P上に供給される。同様に、第2液体供給部12より送出された液体1も、第2供給管42の直管部45を流通した後、スリット管部46を介して水平方向(横方向)に拡がってから、第2供給部材14に供給されるため、供給口14Aの各位置においてほぼ均一な液体供給量で基板P上に供給される。

すなわち、図2及び図3を参照して説明した実施形態では、供給管11Aは全て直管で構成されているため、この直管の供給管11AからY軸方向を長手方向とする第1供給部材13に直接液体を供給すると、その流路面積の違いにより、第1供給部材13の供給口13Aの長手方向中央部、すなわち供給管11Aの直下の位置における液体供給量と、供給口13Aの長手方向端部、すなわち供給管11Aと離れた位置における液体供給量とに差が生じ、液体供給量が供給口13Aの各位置において不均一になる場合がある。具体的には、供給口13Aの長手方向中央部(供給管11Aの直下の位置)における液体供給量が、供給口13Aの長手方向端部(供給管11Aと離れた位置)における液体供給量より多くなり、均一な液体供給ができずに液浸領域AR2が不均一になる可能性が生じる。しか

しながら、Y軸方向を長手方向とする第1供給部材13（供給口13A）に第1液体供給部11より液体1を供給する際、供給管41の少なくともその一部の流路の大きさを第1供給部材13の大きさに応じて設定し、本実施形態のように、供給管41の一部を第1供給部材13に向かって水平方向に漸次拡がるテーパ状の内部流路44Hを有するスリット管部44としたことにより、Y軸方向を長手方向とする第1供給部材13の供給口13Aの各位置においてほぼ均一な液体供給量で基板P上に液体1を供給することができる。同様に、第2液体供給部12から送出された液体1も第2供給管42及び第2供給部材14を介して基板P上に均一に供給される。

また、制御装置CONTは、液体回収機構20の第1～第4液体回収部61～64のそれぞれを駆動して、基板P上の液体1を回収部材22及び第1～第4回収管71～74のそれぞれを介して回収する。第1～第4液体回収部61～64のそれぞれは第1～第4回収管71～74を介して基板P上の液体1を吸引することで回収する。そして、基板P上の液体1は円環状の回収部材22の回収口22Aの各位置においてほぼ均一な回収量（回収力）で回収される。

すなわち、上述同様、直管の回収管と回収部材22とを直接接続すると、その流路面積の違いにより回収口22Aの各位置における液体回収量（回収力）に差が生じ、液体回収量が回収口22Aの各位置において不均一になる場合がある。例えば、回収管の直下の位置における液体回収量が、それ以外の位置における液体供給量より多くなり、均一な液体回収ができずに液浸領域AR2が不均一になる可能性が生じる。しかしながら、本実施形態のように、回収管の一部を回収部材22に向かって水平方向に漸次拡がるテーパ状の内部流路を有するスリット管部76、78、80、82としたことにより、円環状の回収部材22の回収口22Aの各位置においてほぼ均一な液体回収量で基板P上の液体を回収することができる。

このように、供給口13A、14Aそれぞれの各位置において液体を均一に供

給できるとともに、回収口 22A の各位置において均一に回収できるので、均一な液浸領域 AR2 を形成することができる。

図 14 を参照して説明した実施形態では、スリット管部 44 (46) の内部流路 44H (46H) は空洞状であるが、図 15 に示すように、液体供給機構 10 の供給管 41 (42) の一部を構成するスリット管部 44 (46) の内部流路 44H (46H) に、液体 1 の流通方向に沿って (スリット管部の一端部から他端部に向かって) 複数のフィン部材 85 を設けてもよい。これにより、液体 1 を整流してから供給部材 13 (14) を介して基板 P 上に供給することができる。なお、このフィン部材 85 を供給部材 13 (14) の内部流路 13H (14H) まで延ばしてもよい。また、液体回収機構 20 の回収管を構成するスリット管部 76、78、80、82 の内部流路 76H、78H、80H、82H のそれぞれにフィン部材 85 を設けるようにしてもよい。

なお、例えば基板 P が高速に走査移動する場合など、図 14 に示した実施形態においても基板 P 上の液体 1 を回収しきれずに、基板 P 上の液体 1 が回収部材 22 の外側に流出する場合が考えられる。その場合、基板 P の走査方向 (X 軸方向) に沿う位置に設けられた平面視略三角形形状のスリット管部 44、46 の下面を、トラップ部材 30 の代わりにトラップ面として用いることができる。

なお、本実施形態では、1 つの回収部材 22 に対して複数の回収管 71 ~ 74 が接続されている構成であるが、複数の回収管 71 ~ 74 に対応するように複数の回収部材 (回収口) を基板 P に近接して設ける構成であってもよい。

次に、図 16 ~ 図 19 を参照しながら本発明に係る液体供給機構 10 及び液体回収機構 20 の他の実施形態について説明する。

図 16 は本実施形態に係る液体供給機構 (10) 及び液体回収機構 (20) を示す概略斜視図である。図 16 において、液体供給機構 (10) は、第 1、第 2

液体供給部 11、12 と、第 1、第 2 液体供給部 11、12 のそれぞれに接続する第 1、第 2 供給管 41、42 とを備えている。液体回収機構 (20) は、第 1～第 4 液体回収部 61～64 と、第 1～第 4 液体回収部 61～64 のそれぞれに接続する第 1～第 4 回収管 71～74 とを備えている。そして、第 1、第 2 供給管 41、42 のそれぞれの一端部は第 1、第 2 液体供給部 11、12 に接続され、他端部は流路形成部材 90 により形成される後述する供給流路に接続される。第 1～第 4 回収管 71～74 のそれぞれの一端部は第 1～第 4 液体回収部 61～64 に接続され、他端部は流路形成部材 90 により形成される後述する回収流路に接続される。

流路形成部材 90 は、第 1 部材 91 と、第 1 部材 91 の上部に配置され第 2 部材 92 と、第 2 部材 92 の上部に配置され第 3 部材 93 とを備えている。流路形成部材 90 は投影光学系 PL を囲むように配置され、この流路形成部材 90 を構成する第 1～第 3 部材 91～93 のそれぞれは、同一外寸で矩形の板状部材であってその中央部に投影光学系 PL を配置可能な穴部 91A～93A を有している。穴部 91A～93A は互いに連通するように形成されている。また、第 1、第 2 供給管 41、42 は、第 1～第 3 部材のうち最上段の第 3 部材 93 に接続され、第 1～第 4 回収管 71～74 は、中段の第 2 部材 92 に接続されている。

図 17 は、第 1～第 3 部材のうち最下段に配置される第 1 部材 91 を示す斜視図である。第 1 部材 91 は、投影光学系 PL の -X 側に形成され、基板 P に液体 1 を供給する供給口を形成する第 1 供給穴部 94A と、投影光学系 PL の +X 側に形成され、基板 P 上に液体を供給する供給口を形成する第 2 供給穴部 95A とを備えている。第 1 供給穴部 94A 及び第 2 供給穴部 95A のそれぞれは平面視略円弧状に形成されている。更に、第 1 部材 91 は、投影光学系 PL の -X 側に形成され、基板 P 上の液体を回収する回収口を形成する第 1 回収穴部 96A と、投影光学系 PL の -Y 側に形成され、基板 P 上の液体を回収する回収口を形成する第 2 回収穴部 97A と、投影光学系 PL の +X 側に形成され、基板 P 上の液体を回収する回収口を形成する第 3 回収穴部 98A と、投影光学系 PL の +Y 側に

形成され、基板 P 上の液体を回収する回収口を形成する第 4 回収穴部 99 A とを備えている。第 1 ～第 4 回収穴部 96 A ～99 A のそれぞれは平面視略円弧状に形成されており、投影光学系 P L の周囲に沿って略等間隔に設けられている。また、回収穴部 96 A ～99 A のそれぞれは、供給穴部 94 A、95 B より投影光学系 P L に対して外側に設けられている。

図 18 は、第 1 ～第 3 部材のうち中段に配置される第 2 部材 92 を示す斜視図であって、図 18 (a) は上側から見た斜視図、図 18 (b) は下側から見上げた斜視図である。第 2 部材 92 は、投影光学系 P L の -X 側に形成され、第 1 部材 91 の第 1 供給穴部 94 A に接続する第 3 供給穴部 94 B と、投影光学系 P L の +X 側に形成され、第 1 部材 91 の第 2 供給穴部 95 A に接続する第 4 供給穴部 95 B とを備えている。第 3、第 4 供給穴部 94 B、95 B それぞれの形状及び大きさは、第 1、第 2 供給穴部 94 A、95 A に対応している。

更に、第 2 部材 92 はその下面に、投影光学系 P L の -X 側に形成され、第 1 部材 91 の第 1 回収穴部 96 A に接続する第 1 回収溝部 96 B と、投影光学系 P L の -Y 側に形成され、第 1 部材 91 の第 2 回収穴部 97 A に接続する第 2 回収溝部 97 B と、投影光学系 P L の +X 側に形成され、第 1 部材 91 の第 3 回収穴部 98 A に接続する第 3 回収溝部 98 B と、投影光学系 P L の +Y 側に形成され、第 1 部材 91 の第 4 回収穴部 99 A に接続する第 4 回収溝部 99 B とを備えている。第 1 ～第 4 回収溝部 96 B ～99 B のそれぞれは、第 1 ～第 4 回収穴部 96 A ～99 A の形状及び大きさに対応するように平面視略円弧状に形成されており、投影光学系 P L の周囲に沿って略等間隔に設けられている。また、第 1 回収管 71 と第 1 回収溝部 96 B とは、テーパ状溝部 96 T を介して接続されている。テーパ状溝部 96 T は、第 1 回収管 71 に対する接続部から第 1 回収溝部 96 B に向かって水平方向に漸次拡がるように形成されている。同様に、第 2 回収管 72 と第 2 回収溝部 97 B とはテーパ状溝部 97 T を介して接続されており、第 3 回収管 73 と第 3 回収溝部 98 B とはテーパ状溝部 98 T を介して接続されており、第 4 回収管 74 と第 4 回収溝部 99 B とはテーパ状溝部 99 T を介して接続され

ている。

図19は、第1～第3部材のうち最上段に配置される第3部材93を示す斜視図であって、図19(a)は上側から見た斜視図、図19(b)は下側から見上げた斜視図である。第3部材93はその下面に、投影光学系PLの-X側に形成され、第2部材92の第3供給穴部94Bに接続する第1供給溝部94Cと、投影光学系PLの+X側に形成され、第2部材92の第4供給穴部95Bに接続する第2供給溝部95Cとを備えている。第1、第2供給溝部94C、95Cそれぞれの形状及び大きさは、第3、第4供給穴部94B、95B（ひいては第1、第2供給穴部94A、95A）に対応するように平面視略円弧状に形成されている。また、第1供給管41と第1供給溝部94Cとは、テーパ状溝部94Tを介して接続されている。テーパ状溝部94Tは、第1供給管41に対する接続部から第1供給溝部94Cに向かって水平方向に漸次拡がるように形成されている。同様に、第2供給管42と第2供給溝部95Cとはテーパ状溝部95Tを介して接続されている。

第1～第3部材91～93は、例えばステンレスやチタン、アルミニウム、あるいはこれらを含む合金等の金属により形成されており、各部材91～93の穴部や溝部は例えば放電加工により形成される。放電加工により各部材91～93に対して加工した後、これら各部材91～93を接着剤や、熱圧着法等を用いて接合することにより、流路形成部材90が形成される。各部材91～93を積層して接合することで、テーパ状溝部94T、第1供給溝部94C、第3供給穴部94B、及び第1供給穴部94Aのそれぞれが接続（連通）され、これらにより第1供給管41に接続（連通）する供給流路が形成される。同様に、テーパ状溝部95T、第2供給溝部95C、第4供給穴部95B、及び第2供給穴部95Aのそれぞれが接続（連通）されることで、第2供給管41に接続（連通）する供給流路が形成される。そして、第1、第2液体供給部11、12のそれぞれから送出された液体1は、第1、第2供給管41、42、及び上記供給流路を介して基板P上に供給される。すなわち、板状部材91～93が積層されることで、液

体供給流路が形成される。

また、テーパ状溝部 9 6 T、第 1 回収溝部 9 6 B、及び第 1 回収穴部 9 6 A のそれぞれが接続（連通）されることで、第 1 回収管 7 1 に接続（連通）する回収流路が形成される。同様に、テーパ状溝部 9 7 T、第 2 回収溝部 9 7 B、及び第 2 回収穴部 9 7 A のそれぞれが接続（連通）されることで、第 2 回収管 7 2 に接続（連通）する回収流路が形成され、テーパ状溝部 9 8 T、第 3 回収溝部 9 8 B、及び第 3 回収穴部 9 8 A のそれぞれが接続（連通）されることで、第 3 回収管 7 3 に接続（連通）する回収流路が形成され、テーパ状溝部 9 9 T、第 4 回収溝部 9 9 B、及び第 4 回収穴部 9 9 A のそれぞれが接続（連通）されることで、第 4 回収管 7 4 に接続（連通）する回収流路が形成される。すなわち、板状部材 9 1 ～ 9 3 が積層されることで、液体回収流路が形成される。そして、基板 P 上の液体は、上記回収流路、及び第 1 ～ 第 4 回収管 7 1 ～ 7 4 のそれぞれを介して回収される。

このとき、第 1、第 2 供給管 4 1、4 2 のそれぞれにはテーパ状溝部 9 4 T、9 5 T が接続されるので、図 1 4 を参照して説明した実施形態同様、Y 軸方向を長手方向とする供給口の各位置において均一に液体供給を行うことができる。同様に、回収管 7 1 ～ 7 4 のそれぞれにもテーパ状溝部が接続されるので、液体回収を均一な回収力で回収することができる。

そして、板状部材である第 1 ～ 第 3 部材 9 1 ～ 9 3 のそれぞれで流路形成部材 9 0 を形成したことにより、例えば液体回収の際に空気をかみこんで液体を吸引した際に発生する振動を、流路形成部材 9 0 で吸収することができる。また、複数の板状部材 9 1 ～ 9 3 のそれぞれに対して放電加工等の加工を施して流路の一部を形成し、これらを組み合わせることで液体の流路を形成するようにしたので、供給流路及び回収流路のそれぞれを容易に形成することができる。

なお、流路形成部材 9 0 を形成する複数の部材 9 1 ～ 9 3 のうち、最下段に配

置される第1部材91の下面の第1～第4回収穴部96A～99Aの周囲にXY平面に対して傾斜した面を設けて、その面を親液処理することにより、液体回収機構で回収しきれなかった液体を捕捉するトラップ面として用いるようにしてもよい。また、流路形成部材90を形成する部材91～93は四角形の板状部材であるが、円形の板状部材を使ってもよいし、X方向に長い楕円状の板状部材にしてもよい。

また、上述の流路形成部材90は、その内部に供給流路と回収流路の両方が形成されているが、どちらか一方のみを流路形成部材90の内部に設けるようにしてもよい。また、複数の部材を積層して形成される流路形成部材を供給流路用と回収流路用とに分けて、別々に備えるようにしてもよい。

次に、本発明の更なる別実施形態について説明する。上述したように、供給部材13、14を含む液体供給機構10、及び回収部材22を含む液体回収機構20のそれぞれは、投影光学系PL及びこの投影光学系PLを支持する支持部材以外の支持部材で支持することが好ましい。以下、液体供給機構10及び液体回収機構20を支持する支持構造について図20を参照しながら説明する。

図20は、液体供給機構10及び液体回収機構20の支持構造を示す概略図である。図20において、露光装置EXは、投影光学系PLを支持する鏡筒定盤（第1支持部材）100と、鏡筒定盤100、マスクステージMST、及び基板ステージPSTを支持するメインフレーム（第2支持部材）102とを備えている。なお、図20では、Zステージ及びXYステージは一体で図示されている。メインフレーム102は、クリーンルームなどの床面上に脚部108を介してほぼ水平に設置されている。メインフレーム102には、内側に向けて突出する上側段部102A及び下側段部102Bが形成されている。

照明光学系ILは、メインフレーム102の上部に固定された支持フレーム120により支持されている。メインフレーム102の上側段部102Aには、防

振装置 122 を介してマスク定盤 124 が支持されている。マスクステージ M S T 及びマスク定盤 124 の中央部にはマスク M のパターン像を通過させる開口部が形成されている。マスクステージ M S T の下面には非接触軸受である気体軸受（エアベアリング）126 が複数設けられている。マスクステージ M S T はエアベアリング 126 によりマスク定盤 124 の上面（ガイド面）に対して非接触支持されており、マスクステージ駆動装置により X Y 平面内で 2 次元移動可能及び θ Z 方向に微小回転可能である。

投影光学系 P L を保持する鏡筒 P K の外周にはフランジ 104 が設けられており、投影光学系 P L はこのフランジ 104 を介して鏡筒定盤 100 に支持されている。鏡筒定盤 100 とメインフレーム 102 の下側段部 102 B との間にはエアマウントなどを含む防振装置 106 が配置されており、投影光学系 P L を支持する鏡筒定盤 100 はメインフレーム 102 の下側段部 102 B に防振装置 106 を介して支持されている。この防振装置 106 によって、メインフレーム 102 の振動が、投影光学系 P L を支持する鏡筒定盤 100 に伝わらないように、鏡筒定盤 100 とメインフレーム 102 とが振動に関して（振動的に）分離されている。

基板ステージ P S T の下面には複数の非接触軸受である気体軸受（エアベアリング）130 が設けられている。また、メインフレーム 102 上には、エアマウント等を含む防振装置 110 を介してステージベース 112 が支持されている。基板ステージ P S T はエアベアリング 130 によりステージベース 112 の上面（ガイド面）に対して非接触支持されており、基板ステージ駆動装置により、X Y 平面内で 2 次元移動可能及び θ Z 方向に微小回転可能である。更に、基板ステージ P S T は、Z 軸方向、 θ X 方向、及び θ Y 方向にも移動可能である。この防振装置 110 によって、メインフレーム 102 の振動が、基板ステージ P S T を非接触支持するステージベース 112 に伝わらないように、ステージベース 112 とメインフレーム 102 とが振動に関して分離されている。

基板ステージP S T上の+ X側の所定位置には移動鏡5 5が設けられ、鏡筒P Kの+ X側の所定位置には参照鏡（固定鏡）1 1 4が設けられている。また、移動鏡5 5及び参照鏡1 1 4に対向する位置にはレーザ干渉計5 6が設けられている。レーザ干渉計5 6は、鏡筒定盤1 0 0に取り付けられているため、レーザ干渉計5 6と液体供給機構1 0及び液体回収機構2 0とは振動に関して離れている。レーザ干渉計5 6は、移動鏡5 5に測長ビーム（測定光）を照射するとともに、参照鏡1 1 4に参照ビーム（参照光）を照射する。照射した測長ビーム及び参照ビームに基づく移動鏡5 5及び参照鏡1 1 4それぞれからの反射光はレーザ干渉計5 6の受光部で受光され、レーザ干渉計5 6はこれら光を干渉し、参照ビームの光路長を基準とした測長ビームの光路長の変化量、ひいては、参照鏡1 1 4を基準とした移動鏡5 5の位置情報、すなわち基板ステージP S Tの位置情報を計測する。同様に、不図示ではあるが、基板ステージP S T上及び鏡筒P Kの+ Y側にも移動鏡及び参照鏡が設けられ、これらに対向する位置にはレーザ干渉計が設けられている。

また、鏡筒定盤1 0 0には、基板Pのフォーカス位置（Z位置）及び傾斜を計測するためのオートフォーカス検出系や基板P上のアライメントマークを検出するアライメント系等、不図示の計測系も支持されており、これらの計測系も、メインフレーム1 0 2、液体供給機構1 0、液体回収機構2 0とは振動に関して分離されることになる。

液体供給機構1 0及び液体回収機構2 0は、メインフレーム1 0 2の下側段部1 0 2 Bに支持されている。本実施形態では、液体供給機構1 0を構成する第1、第2供給部材1 3、1 4、供給管1 1 A、1 2 A、及び液体回収機構2 0を構成する回収部材2 2、回収管2 1 Aなどが、支持部材1 4 0によって支持され、この支持部材1 4 0がメインフレーム1 0 2の下側段部1 0 2 Bに接続された構成となっている。なお、図2 0では、供給部材1 3、1 4、回収部材2 2、供給管1 1 A、1 2 A、及び回収管2 1 Aなどは簡略化して図示されている。

このように、投影光学系 P L を支持する鏡筒定盤 1 0 0 と振動に関して分離されたメインフレーム 1 0 2 で液体供給機構 1 0 及び液体回収機構 2 0 を支持することによって、液体供給機構 1 0 及び液体回収機構 2 0 と投影光学系 P L とは振動に関して分離されたことになる。したがって、液体供給の際、あるいは液体回収の際に生じる振動が、鏡筒定盤 1 0 0 を介して投影光学系 P L、レーザ干渉計 5 6、及びオートフォーカス検出系やアライメント系等の計測系に伝わることはない。したがって、投影光学系が振動することでパターン像が劣化するといった不都合の発生を防止でき、また、基板ステージ（基板 P）の位置制御を精度良く行うことができるため、パターン像を基板上に精度良く投影することができる。また、基板ステージ P S T を支持するステージベース 1 1 2 と振動に関して分離されたメインフレーム 1 0 2 で液体供給機構 1 0 及び液体回収機構 2 0 を支持することによって、液体供給機構 1 0 及び液体回収機構 2 0 とステージベース 1 1 2 とは振動に関して分離されたことになる。したがって、液体供給の際、あるいは液体回収の際に生じる振動が、ステージベース 1 1 2 に伝わることもなく、基板ステージ P S T の位置決め精度、あるいは移動精度を低下させる不都合が生じるのを防止することができる。

なお、本実施形態においては、メインフレーム 1 0 2 に液体供給機構 1 0 及び液体回収機構 2 0 が一体的に支持されているが、液体供給機構 1 0 と液体回収機構 2 0 とを分離して、メインフレーム 1 0 2 に取り付けるとしてもよい。更にメインフレーム 1 0 2 とは別の支持部材をクリーンルーム等の床に配置し、この支持部材に液体供給機構と液体回収機構とを支持するようにしてもよい。

上述したように、本実施形態における液体 1 には純水が用いられている。純水は、半導体製造工場等で容易に大量に入手できるとともに、基板 P 上のフォトリソグリスや光学素子（レンズ）等に対する悪影響がない利点がある。また、純水は環境に対する悪影響がないとともに、不純物の含有量が極めて低いため、基板 P の表面、及び投影光学系 P L の先端面に設けられている光学素子の表面を洗浄する作用も期待できる。そして、波長が 1 9 3 n m 程度の露光光 E L に対する純水

(水)の屈折率 n はほぼ1.44程度と言われており、露光光ELの光源としてArFエキシマレーザー光(波長193nm)を用いた場合、基板P上では $1/n$ 、すなわち約134nm程度に短波長化されて高い解像度が得られる。更に、焦点深度は空气中に比べて約 n 倍、すなわち約1.44倍程度に拡大されるため、空气中で使用する場合と同程度の焦点深度が確保できればよい場合には、投影光学系PLの開口数をより増加させることができ、この点でも解像度が向上する。

なお、上述したように液浸法を用いた場合には、投影光学系の開口数NAが0.9～1.3になることもある。このように投影光学系の開口数NAが大きくなる場合には、従来から露光光として用いられているランダム偏光光では偏光効果によって結像性能が悪化することもあるので、偏光照明を用いるのが望ましい。その場合、マスク(レチクル)のライン・アンド・スペースパターンのラインパターンの長手方向に合わせた直線偏光照明を行い、マスク(レチクル)のパターンからは、S偏光成分(ラインパターンの長手方向に沿った偏光方向成分)の回折光が多く射出されるようにするとよい。投影光学系PLと基板P表面に塗布されたレジストとの間が液体で満たされている場合、投影光学系PLと基板P表面に塗布されたレジストとの間が空気(気体)で満たされている場合に比べて、コントラストの向上に寄与するS偏光成分の回折光のレジスト表面での透過率が高くなるため、投影光学系の開口数NAが1.0を越えるような場合でも高い結像性能を得ることができる。また、位相シフトマスクやラインパターンの長手方向に合わせた斜入射照明法(特にダイボール照明法)等を適宜組み合わせると更に効果的である。なお、ラインパターンの長手方向に合わせた斜入射照明法については、例えば特開平6-188169号公報に開示されており、本国際出願で指定または選択された国の法令で許容される限りにおいて、その開示を援用して本文の記載の一部とする。

本実施形態では、投影光学系PLの先端に光学素子2としてレンズが取り付けられており、このレンズにより投影光学系PLの光学特性、例えば収差(球面収差、コマ収差等)の調整を行うことができる。なお、光学素子2としては前記光

学特性を調整する光学プレートであってもよい。一方、液体1と接触する光学素子2を、レンズより安価な平行平板とすることも可能である。光学素子2を平行平板とすることにより、露光装置EXの運搬、組立、調整時等において投影光学系PLの透過率、基板P上での露光光ELの照度、及び照度分布の均一性を低下させる物質（例えばシリコン系有機物等）がその平行平板に付着しても、液体1を供給する直前にその平行平板を交換するだけでよく、液体1と接触する光学素子をレンズとする場合に比べてその交換コストが低くなるという利点がある。すなわち、露光光ELの照射によりレジストから発生する飛散粒子、または液体1中の不純物の付着などに起因して液体1に接触する光学素子の表面が汚れるため、その光学素子を定期的に交換する必要があるが、この光学素子を安価な平行平板とすることにより、レンズに比べて交換部品のコストが低く、且つ交換に要する時間を短くすることができ、メンテナンスコスト（ランニングコスト）の上昇やスループットの低下を抑えることができる。

なお、液体1の流れによって生じる投影光学系PLの先端の光学素子と基板Pとの間の圧力が大きい場合には、その光学素子を交換可能とするのではなく、その圧力によって光学素子が動かないように堅固に固定してもよい。

なお、本実施形態の液体1は水であるが、水以外の液体であってもよい。例えば、露光光ELの光源がF₂レーザである場合、このF₂レーザ光は水を透過しないので、液体1としてはF₂レーザ光を透過可能な例えば過フッ化ポリエーテル（PFPE）やフッ素系オイル等のフッ素系流体であってもよい。この場合、トラップ面31をはじめとする液体1と接触する部分には、例えばフッ素を含む極性の小さい分子構造の物質で薄膜を形成することで親液化処理する。また、液体1としては、その他にも、露光光ELに対する透過性があるだけ屈折率が高く、投影光学系PLや基板P表面に塗布されているフォトレジストに対して安定なもの（例えばセダー油）を用いることも可能である。この場合も表面処理は用いる液体1の極性に応じて行われる。

なお、上述の投影光学系 P L は、その像面側を液体 1（純水）で満たした液浸状態で、その結像性能が最適となるように構成（設計）されているが、投影光学系 P L の一部の光学素子（基板 P に近い光学素子）を交換することによって、その像面側に液体が存在しない非液浸状態やその像面側を別の液体で満たした液浸状態でも所望の結像性能が得られるような構成（設計）にしてもよい。投影光学系 P L をこのような構成にすることによって、例えば、大きな焦点深度 D O F が必要な場合には露光装置 E X を液浸状態で使用し、高スループットが要求される場合には一部の光学素子を交換して非液浸状態で露光装置 E X を使用することができる。その場合、一部の光学素子の交換後の結像性能を測定するために、基板ステージ P S T 上に空間像センサや波面収差測定センサを配置しておくことが望ましい。また、波面収差測定用のマスクを用いてもよいし、その結像性能の測定結果に基づいて、各状態で所望の結像性能が得られるように、一部の光学素子を動かしたり、露光光 E L の波長の微調整を行うようにしてもよい。なお、上記空間像センサの詳細については、例えば特開 2 0 0 2 - 1 4 0 0 5 号（対応米国特許公開 2 0 0 2 0 0 4 1 3 7 7）に、また波面収差測定センサの詳細については、例えば国際公開第 0 2 / 6 3 6 6 4 号公報に開示されており、本国際出願で指定または選択された国の法令で許容される限りにおいて、それらの開示を援用して本文の記載の一部とする。

また、一部の光学素子の交換は、露光装置 E X に投影光学系 P L を搭載したまま行うのが望ましいが、露光装置 E X から投影光学系 P L を外した状態で行うようにしてもよい。

なお、上記各実施形態の基板 P としては、半導体デバイス製造用の半導体ウエハのみならず、ディスプレイデバイス用のガラス基板や、薄膜磁気ヘッド用のセラミックウエハ、あるいは露光装置で用いられるマスクまたはレチクルの原版（合成石英、シリコンウエハ）等が適用される。

露光装置 E X としては、マスク M と基板 P とを同期移動してマスク M のパター

ンを走査露光するステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置（スキャニングステッパ）の他に、マスクMと基板Pとを静止した状態でマスクMのパターンを一括露光し、基板Pを順次ステップ移動させるステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置（ステッパ）にも適用することができる。また、本発明は基板P上で少なくとも2つのパターンを部分的に重ねて転写するステップ・アンド・スティッチ方式の露光装置にも適用できる。

また、本発明は、ツインステージ型の露光装置にも適用できる。ツインステージ型の露光装置の構造及び露光動作は、例えば特開平10-163099号及び特開平10-214783号（対応米国特許6,341,007、6,400,441、6,549,269及び6,590,634）、特表2000-505958号（対応米国特許5,969,441）あるいは米国特許6,208,407に開示されており、本国際出願で指定または選択された国の法令で許容される限りにおいて、それらの開示を援用して本文の記載の一部とする。

露光装置EXの種類としては、基板Pに半導体素子パターンを露光する半導体素子製造用の露光装置に限らず、液晶表示素子製造用又はディスプレイ製造用の露光装置や、薄膜磁気ヘッド、撮像素子（CCD）あるいはレチクル又はマスクなどを製造するための露光装置などにも広く適用できる。

基板ステージPSTやマスクステージMSTにリニアモータを用いる場合は、エアベアリングを用いたエア浮上型およびローレンツ力またはリアクタンス力を用いた磁気浮上型のどちらを用いてもよい。また、各ステージPST、MSTは、ガイドに沿って移動するタイプでもよく、ガイドを設けないガイドレスタイプであってもよい。ステージにリニアモータを用いた例は、米国特許5,623,853及び5,528,118に開示されており、それぞれ本国際出願で指定または選択された国の法令で許容される限りにおいて、これらの文献の記載内容を援用して本文の記載の一部とする。

各ステージPST、MSTの駆動機構としては、二次元に磁石を配置した磁石ユニットと、二次元にコイルを配置した電機子ユニットとを対向させ電磁力により各ステージPST、MSTを駆動する平面モータを用いてもよい。この場合、磁石ユニットと電機子ユニットとのいずれか一方をステージPST、MSTに接続し、磁石ユニットと電機子ユニットとの他方をステージPST、MSTの移動面側に設ければよい。

基板ステージPSTの移動により発生する反力は、投影光学系PLに伝わらないように、フレーム部材を用いて機械的に床（大地）に逃がしてもよい。この反力の処理方法は、例えば、米国特許5,528,118（特開平8-166475号公報）に詳細に開示されており、本国際出願で指定または選択された国の法令で許容される限りにおいて、この文献の記載内容を援用して本文の記載の一部とする。

マスクステージMSTの移動により発生する反力は、投影光学系PLに伝わらないように、フレーム部材を用いて機械的に床（大地）に逃がしてもよい。この反力の処理方法は、例えば、米国特許第5,874,820（特開平8-330224号公報）に詳細に開示されており、本国際出願で指定または選択された国の法令で許容される限りにおいて、この文献の開示を援用して本文の記載の一部とする。

以上のように、本願実施形態の露光装置EXは、本願特許請求の範囲に挙げられた各構成要素を含む各種サブシステムを、所定の機械的精度、電気的精度、光学的精度を保つように、組み立てることで製造される。これら各種精度を確保するために、この組み立ての前後には、各種光学系については光学的精度を達成するための調整、各種機械系については機械的精度を達成するための調整、各種電気系については電気的精度を達成するための調整が行われる。各種サブシステムから露光装置への組み立て工程は、各種サブシステム相互の、機械的接続、電気回路の配線接続、気圧回路の配管接続等が含まれる。この各種サブシステムから

露光装置への組み立て工程の前に、各サブシステム個々の組み立て工程があることとはいうまでもない。各種サブシステムの露光装置への組み立て工程が終了したら、総合調整が行われ、露光装置全体としての各種精度が確保される。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

半導体デバイス等のマイクロデバイスは、図 2 1 に示すように、マイクロデバイスの機能・性能設計を行うステップ 2 0 1、この設計ステップに基づいたマスク（レチクル）を製作するステップ 2 0 2、デバイスの基材である基板を製造するステップ 2 0 3、前述した実施形態の露光装置 E X によりマスクのパターンを基板に露光する露光処理ステップ 2 0 4、デバイス組み立てステップ（ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む） 2 0 5、検査ステップ 2 0 6 等を経て製造される。

産業上の利用可能性

本発明によれば、投影光学系と基板との間に液浸領域を形成した状態で露光処理する際、液浸領域を安定して形成できるとともにこの液体を良好に回収でき、周辺への液体の流出等を防止できるので、精度良く露光処理できる。従って、本発明の露光装置は A r F エキシマレーザ等の短波長光源を用いた高解像度の露光に極めて有用である。

請求の範囲

1. 所定パターンの像を液体を介して基板に投影することによって基板を露光する露光装置であって：

前記パターンの像を基板に投影する投影光学系と；

投影光学系の投影領域を含む基板上の一部に液浸領域を形成するために、投影領域に対して異なる複数の方向に離れた複数の位置で基板上に液体の供給を同時に行う液体供給機構と；を備える露光装置。

2. 前記液体供給機構は、前記基板上の複数のショット領域を順次露光するとき、前記複数の位置から液体を供給し続ける請求項 1 に記載の露光装置。

3. 前記液体供給機構は、前記投影領域の両側から前記基板上への液体の供給を同時に行う請求項 1 に記載の露光装置。

4. 前記液体供給機構は、前記投影領域の両側から同量の液体を供給する請求項 3 に記載の露光装置。

5. 前記基板上の各ショット領域は所定の走査方向に移動しながら露光され、前記液体供給機構は、前記走査方向に関して前記投影領域の両側から前記液体の供給を行う請求項 3 に記載の露光装置。

6. 前記液体供給機構は、前記走査方向に関して、前記投影領域の手前から供給する液体量を、その反対側で供給する液体量よりも多くする請求項 5 に記載の露光装置。

7. 前記液体の供給と並行して前記基板上の液体の回収を行う液体回収機構を更に備える請求項 1 に記載の露光装置。

8. 前記液体回収機構は、前記投影領域に対して異なる複数の方向に離れた複数の位置で前記基板上の液体の回収を同時に行う請求項7に記載の露光装置。

9. 所定パターンの像を液体を介して基板に投影することによって基板を露光する露光装置であって：

前記パターンの像を基板に投影する投影光学系と；

投影光学系の投影領域を含む基板上の一部に液浸領域を形成するために基板上に液体を供給する液体供給機構と；

投影領域に対して異なる複数の方向に離れた複数の位置で基板上の液体の回収を同時に行う液体回収機構と；を備える露光装置。

10. 前記液体回収機構は、前記投影領域の両側で前記回収を同時に行う請求項8または9に記載の露光装置。

11. 前記液体回収機構は、前記投影領域を取り囲むように連続的に形成された回収口を有する請求項8または9に記載の露光装置。

12. 前記連続的に形成された回収口の内部に仕切りが設けられている請求項11に記載の露光装置。

13. 前記液体回収機構は液体の回収位置に応じて異なる回収力で液体を回収する請求項8または9に記載の露光装置。

14. 所定パターンの像を液体を介して基板に投影することによって基板を露光する露光装置であって：

前記パターンの像を基板に投影する投影光学系と；

投影光学系の投影領域を含む基板上の一部に液浸領域を形成するために基板上に液体を供給する液体供給機構と；

基板上の液体の回収を複数の位置で同時に行う液体回収機構と；を備え、

液体回収機構は液体回収位置に応じて異なる回収力で液体を回収する露光装置。

15. 前記基板上の各ショット領域は所定の走査方向に移動しながら露光され、前記液体回収機構は、前記投影領域に対して前記走査方向に離れた所定位置での液体回収力を、前記所定位置とは別の位置での液体回収力よりも大きくする請求項13または14に記載の露光装置。

16. 前記投影領域に対して前記液体回収機構による液体回収位置の外側に配置され、前記液体回収機構で回収しきれなかった液体を捕捉する所定長さの液体トラップ面が形成されたトラップ部材を更に備える請求項7、9及び14のいずれか一項に記載の露光装置。

17. 所定パターンの像を液体を介して基板に投影することによって基板を露光する露光装置であって：

前記パターンの像を基板に投影する投影光学系と；

投影光学系の投影領域を含む基板上の一部に液浸領域を形成するために基板上に液体を供給する液体供給機構と；

投影領域から離れた回収位置で基板上の液体の回収を行う液体回収機構と；

投影領域に対して液体回収機構による液体回収位置の外側に配置され、液体を捕捉する液体トラップ面が形成されたトラップ部材と；を備える露光装置。

18. 前記トラップ面は、前記液体との親和性を高める処理が施されている請求項16または17に記載の露光装置。

19. 前記トラップ面の液体親和性は、前記基板表面の液体親和性よりも高い請求項18に記載の露光装置。

20. 前記トラップ面は水平面に対して傾斜している請求項16または17に記載の露光装置。

21. 前記トラップ面は、前記投影領域を取り囲むように配置され、前記トラップ面の位置に応じて長さが異なる請求項16または17に記載の露光装置。

22. 前記トラップ面で捕捉された液体は、前記液体回収機構に回収される請求項16または17に記載の露光装置。

23. 前記液体供給機構は、前記液体回収機構による液体回収位置と前記投影領域との間で液体の供給を行う請求項7、9、14及び17のいずれか一項に記載の露光装置。

24. 所定パターンの像を液体を介して基板に投影することによって基板を露光する露光装置であって：

前記パターンの像を基板に投影する投影光学系と；

投影光学系の投影領域を含む基板上の一部に液浸領域を形成するために基板上に液体を供給する液体供給機構と；

投影領域から離れた回収位置で基板上の液体の回収を行う液体回収機構と；を備え、

液体供給機構による液体の供給は、液体回収機構の液体回収位置と投影領域との間で行われる露光装置。

25. 前記液体供給機構は実行動作に応じて液体の供給量を変える請求項23または24に記載の露光装置。

26. 前記基板上の各ショット領域は前記基板を移動しながら走査露光され、前記液体供給機構は、前記基板上の2つのショット領域間のステッピング移動中と各ショット領域の露光中とで液体の供給量を異ならせる請求項25に記載の露光装置。

27. 前記液体供給機構は、前記投影光学系の先端の液体接触面との親和性が前記基板表面との親和性よりも高い液体を供給する請求項1、9、14、17及び24のいずれか一項に記載の露光装置。

28. 前記液体は水であって、前記投影光学系の先端の液体接触面は親水化処理を施されており、前記基板表面には撥水性の感光材が塗布されている請求項27に記載の露光装置。

29. 請求項1、9、14、17及び24のいずれか一項記載の露光装置を用いることを特徴とするデバイス製造方法。

30. 所定パターンの投影光学系による像を液体を介して基板に投影することによって基板を露光する露光方法であって：

投影光学系の先端の液体接触面との親和性が、基板表面との親和性よりも高い液体を、投影光学系の投影領域を含む基板上の一部に液浸領域を形成するために供給することと；

前記液浸領域に供給された液体を介して所定パターンの像を基板に投影することと；とを含む露光方法。

31. 前記液体は水であって、前記投影光学系の先端の液体接触面は親水化処理を施されており、前記基板表面には撥水性の感光材が塗布されている請求項30に記載の露光方法。

32. 前記基板の露光中に、前記基板上に前記液体の供給を行うとともに、前記基板上の液体を回収する請求項30に記載の露光方法。

33. 請求項30に記載の露光方法を用いるデバイス製造方法。

34. 所定パターンの像を液体を介して基板に投影することによって基板を露光

する露光装置であって：

前記パターンの像を基板に投影する投影光学系と；

前記基板上に液体を供給する供給流路を有する液体供給機構と；

供給された液体を回収する回収流路を有する液体回収機構と；を備え、

前記供給流路及び回収流路の少なくとも一方が、複数の板状部材が積層された積層部材中に形成されている露光装置。

35. 前記積層部材の中央に積層部材の厚み方向に積層部材を貫通するように、投影光学系の一部が配置される貫通穴が形成されている請求項34に記載の露光装置。

36. 前記供給流路及び回収流路の少なくとも一方が、少なくとも2つの板状部材の厚み方向を貫通するように形成されている請求項34または35に記載の露光装置。

37. 所定パターンの像を液体を介して基板に投影することによって基板を露光する露光装置であって：

前記パターンの像を基板に投影する投影光学系と；

投影光学系の投影領域を含む基板上の一部に液浸領域を形成するために基板上に液体を供給する液体供給機構と；を備え、

液体供給機構は、投影光学系とは振動的に分離されている露光装置。

38. 前記液体供給機構は、前記パターン像が投影される投影領域の両側に供給口を有し、前記基板上への液体の供給を前記投影領域の両側で同時に行う請求項37に記載の露光装置。

39. 前記基板上の各ショット領域は所定の走査方向に移動しながら露光され、前記液体供給機構は、前記走査方向に関して前記投影領域の両側から前記液体の供給を同時に行う請求項38に記載の露光装置。

40. 前記基板上の液体を回収する液体回収機構を備え、該液体回収機構は、前記投影光学系とは振動的に分離されている請求項37に記載の露光装置。

41. 前記液体回収機構の回収口は、前記液体供給機構の供給口を取り囲むように配置されている請求項40に記載の露光装置。

42. さらに、前記投影光学系を支持する第1支持部材と、第1支持部材と振動的に分離され、前記液体供給機構を支持する第2支持部材とを備える請求項37に記載の露光装置。

43. 所定パターンの像を液体を介して基板に投影することによって基板を露光する露光装置であって：

前記パターンの像を基板に投影する投影光学系と；

投影光学系の投影領域を含む基板上の一部に供給された液体を回収する液体回収機構と；を備え、

液体回収機構は、投影光学系とは振動的に分離されている露光装置。

44. さらに、前記投影光学系を支持する第1支持部材と、該第1支持部材と振動的に分離され、前記液体回収機構を支持する第2支持部材とを備える請求項43に記載の露光装置。

45. 第1支持部材と第2支持部材との間には防振機構が配置されている請求項42または44に記載の露光装置。

46. 前記第1支持部材に支持され、前記基板を保持して移動可能な基板ステージの位置情報を計測するレーザ干渉計を更に備える請求項42または44に記載の露光装置。

47. 前記基板を保持して移動可能な基板ステージを支持するベースを備え、前記第2支持部材は、前記ベース部材と振動的に分離されている請求項42または44に記載の露光装置。

48. 所定パターンの像を液体を介して基板に投影し、該基板上的複数のショット領域を順次露光する露光装置であって：

前記パターンの像を前記基板に投影する投影光学系と；

該投影光学系の投影領域を含む基板上一部に液浸領域を形成するために、前記基板と対向するように配置された供給口から液体を供給する液体供給機構と；
を備え、

該液体供給機構は、前記基板上的複数のショット領域の露光処理が行なわれている間に前記供給口から液体を供給し続ける露光装置。

49. 前記液体供給機構は、複数の供給口を有する請求項48に記載の露光装置。

50. 前記供給口は、前記投影領域の両側に配置されている請求項49に記載の露光装置。

51. 前記基板上的複数のショット領域のうち一部のショット領域は、前記基板を所定方向に移動しながら走査露光され、残りのショット領域は、前記所定方向と反対の方向に前記基板を移動しながら走査露光される請求項48に記載の露光装置。

52. 所定パターンの像を液体を介して基板に投影し、該基板上的複数のショット領域を順次露光する露光装置であって：

前記パターンの像を前記基板に投影する投影光学系と；

該投影光学系の投影領域を含む基板上一部に液浸領域を形成するために、所定位置に配置された供給口から液体を供給する液体供給機構と；

前記基板と対向するように配置された回収口を有し、前記液体供給機構から供給された液体を回収する液体回収機構と；を備え、

該液体回収機構は、前記基板上の複数のショット領域の露光処理が行なわれている間に前記回収口から液体を回収し続ける露光装置。

53. 前記回収口は、前記投影領域を取り囲むように配置されている請求項52に記載の露光装置。

54. 前記基板上の複数のショット領域のうちの一部のショット領域は、前記基板を所定方向に移動しながら走査露光され、残りのショット領域は、前記所定方向と反対の方向に前記基板を移動しながら走査露光される請求項52に記載の露光装置。

55. 請求項34、37、43、48及び52のいずれか一項に記載の露光装置を用いるデバイス製造方法。

॥ श्रीगणेशाय नमः ॥

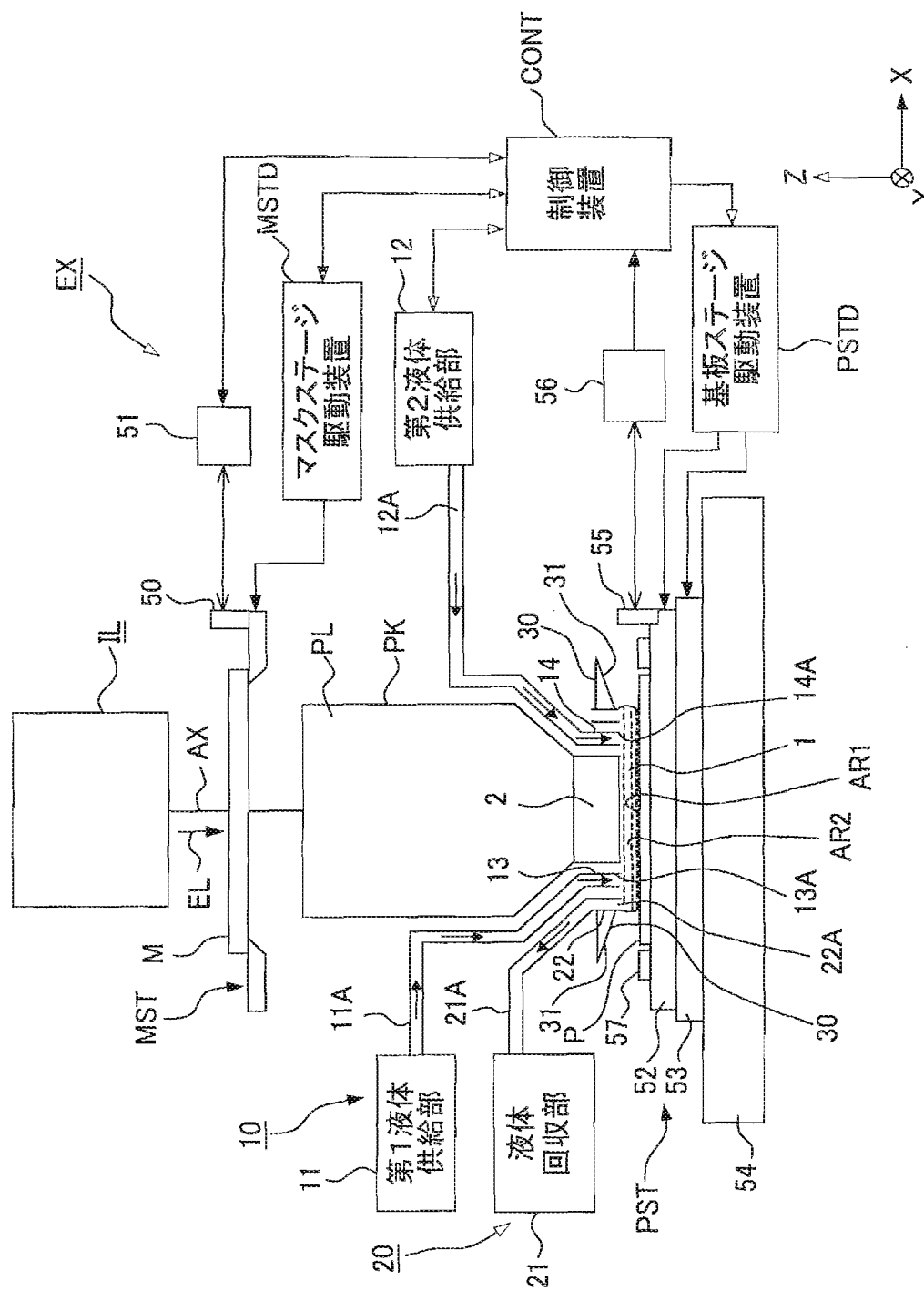


Fig. 2

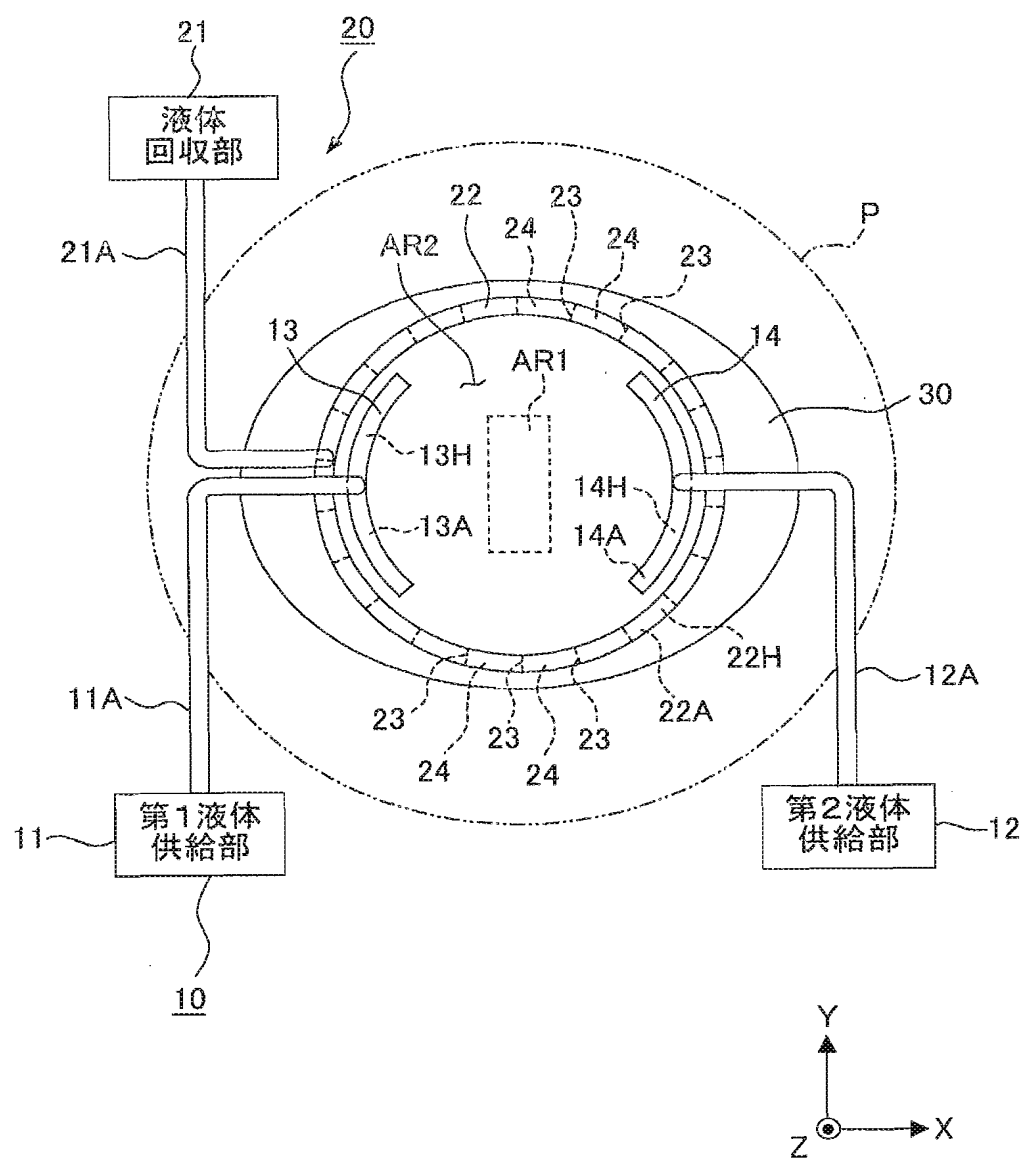


Fig. 3

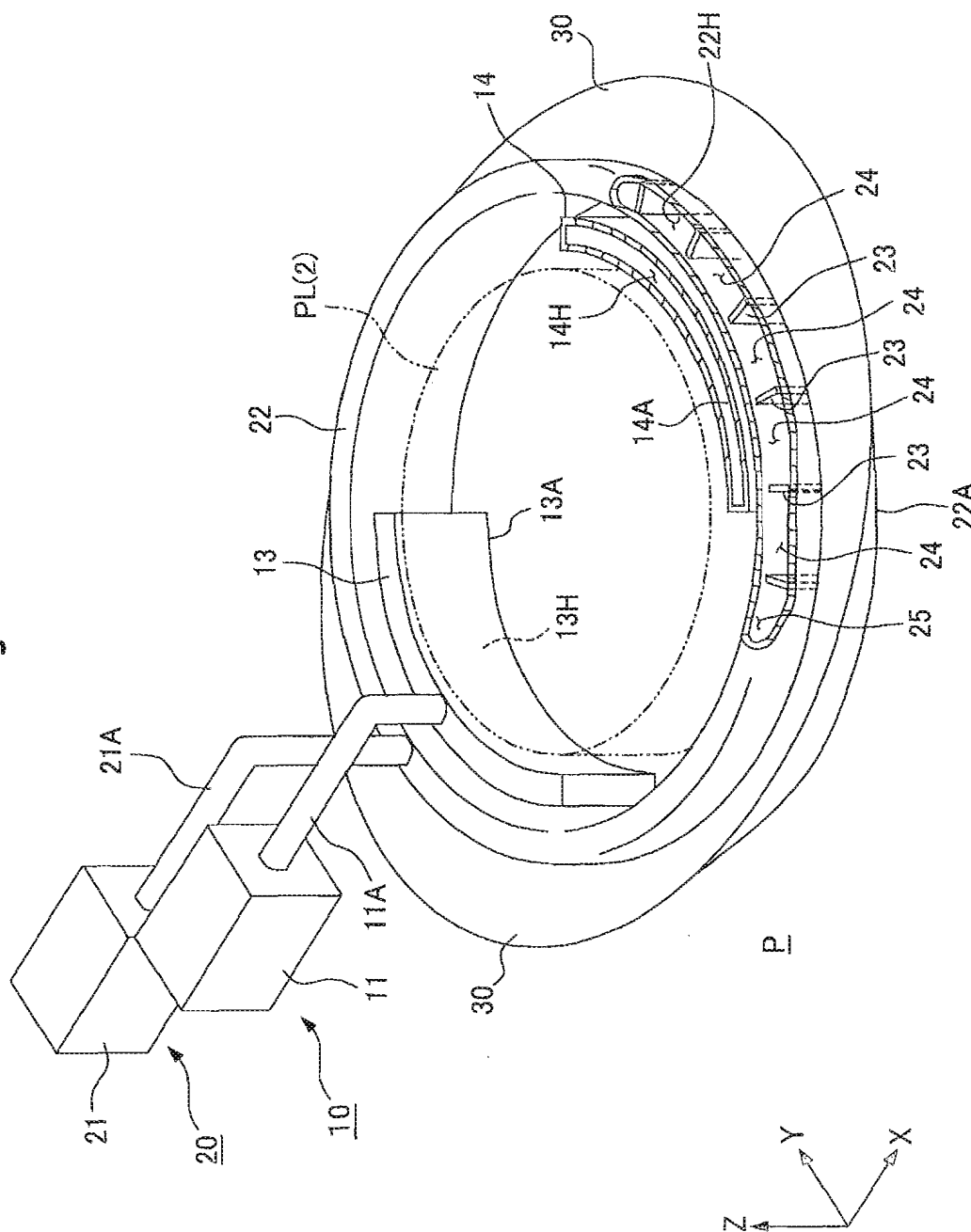


Fig. 4

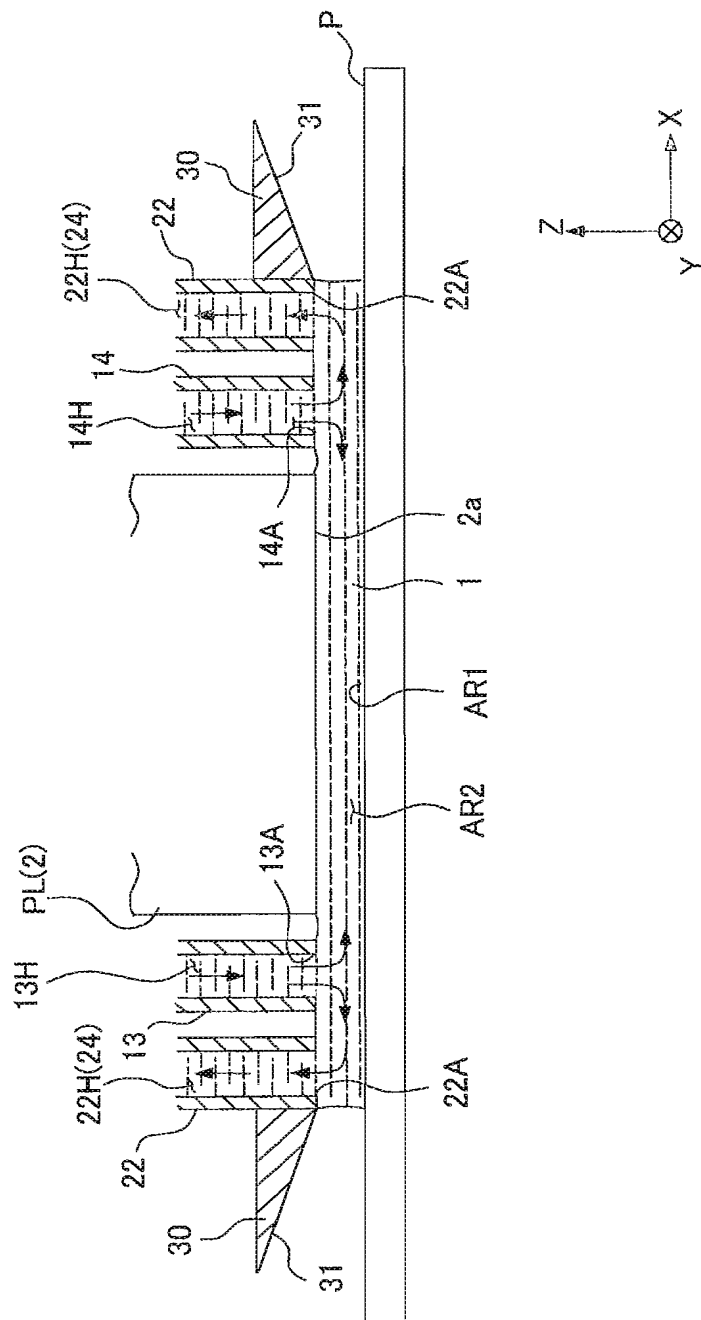
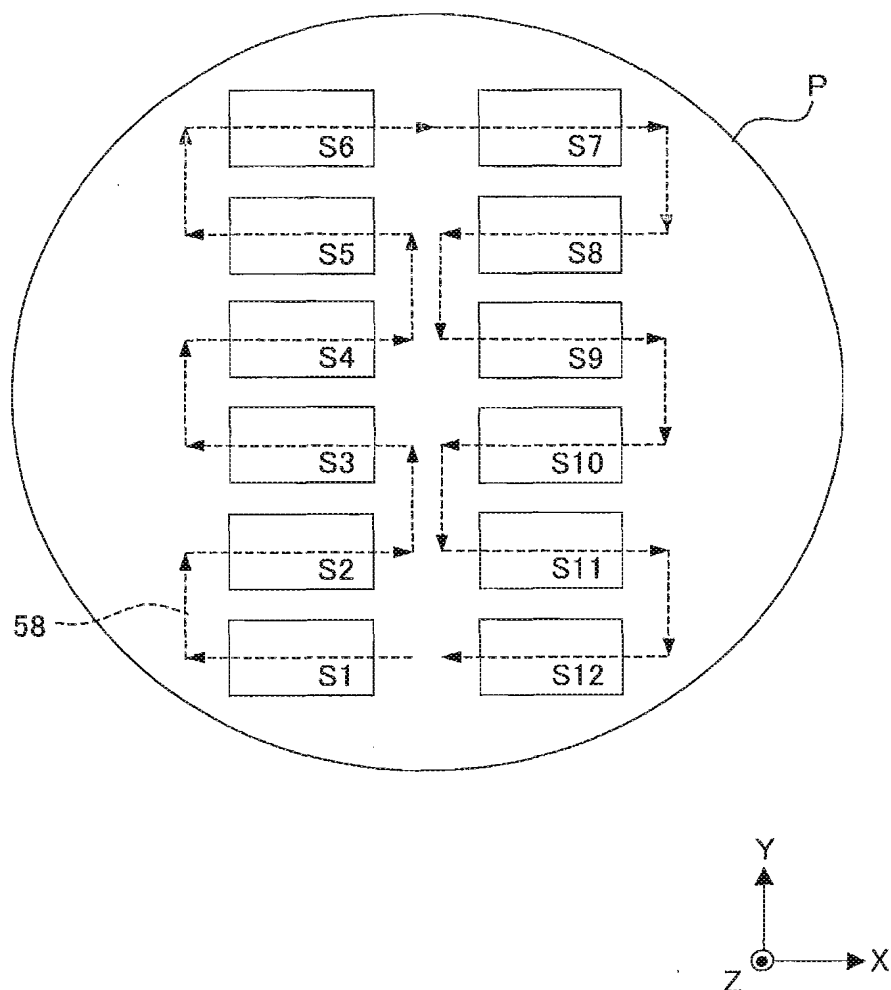


Fig. 5



ஆ. சி. சி.

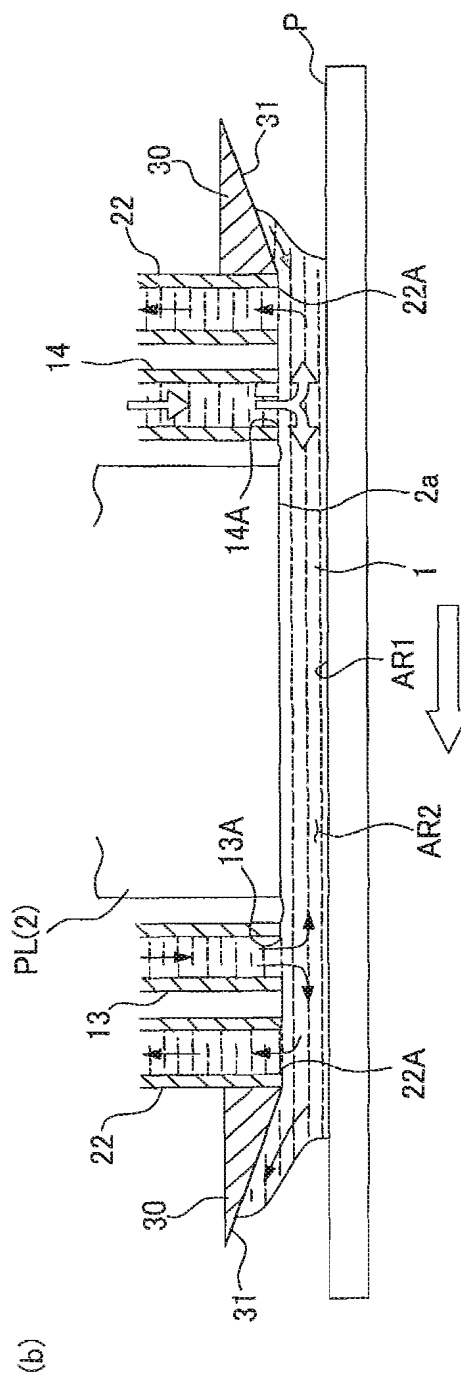
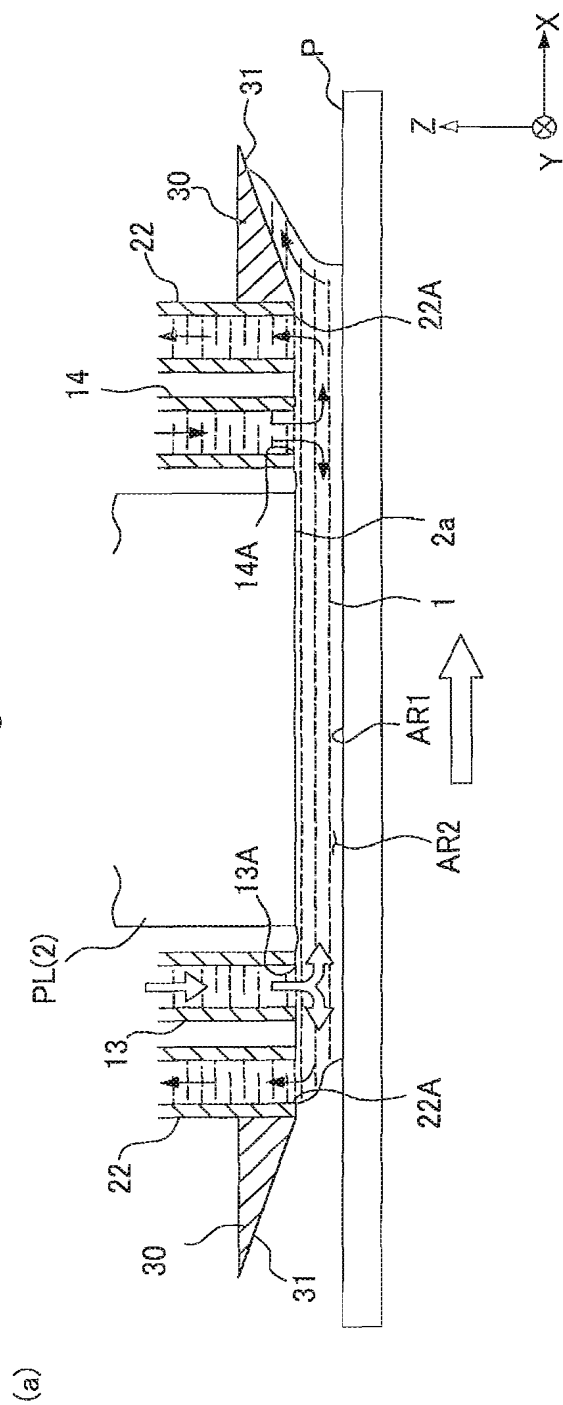


Fig. 7

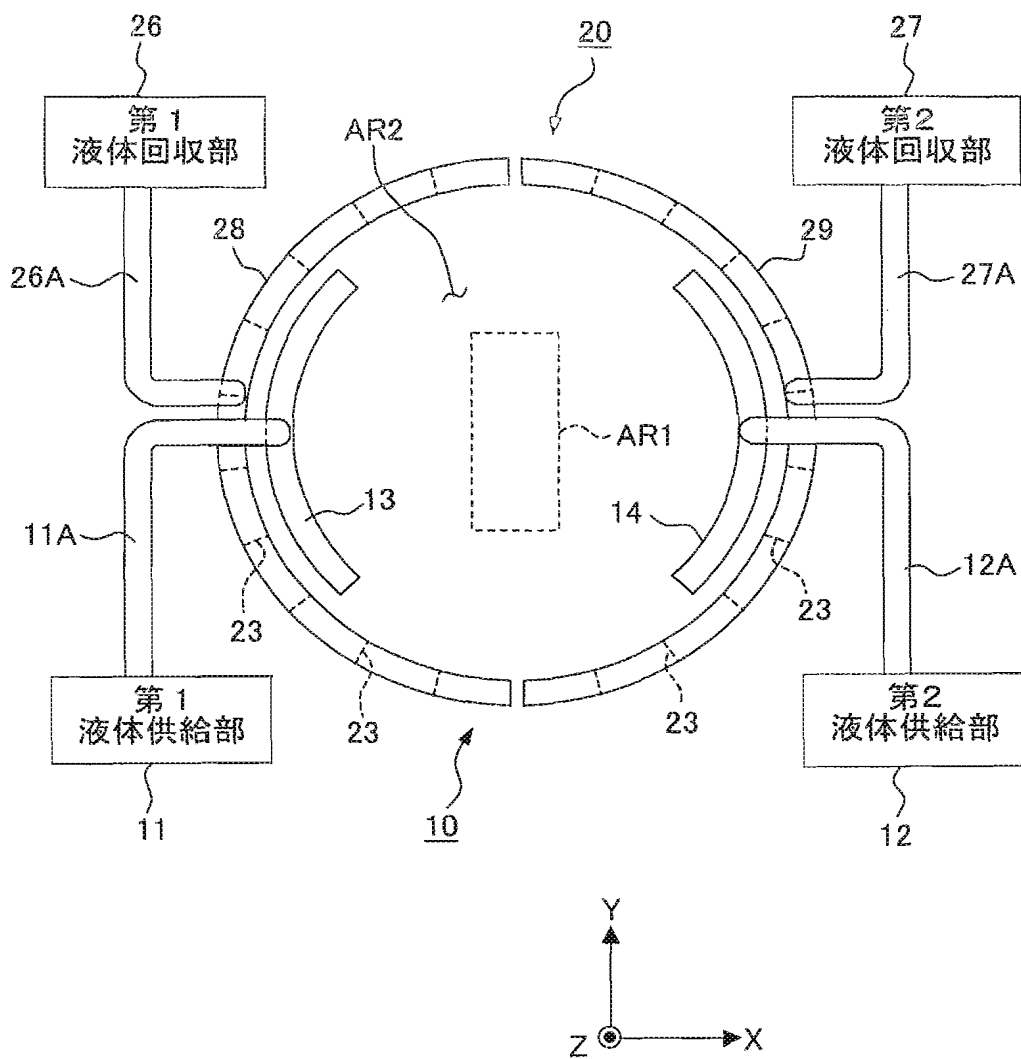


Fig. 8

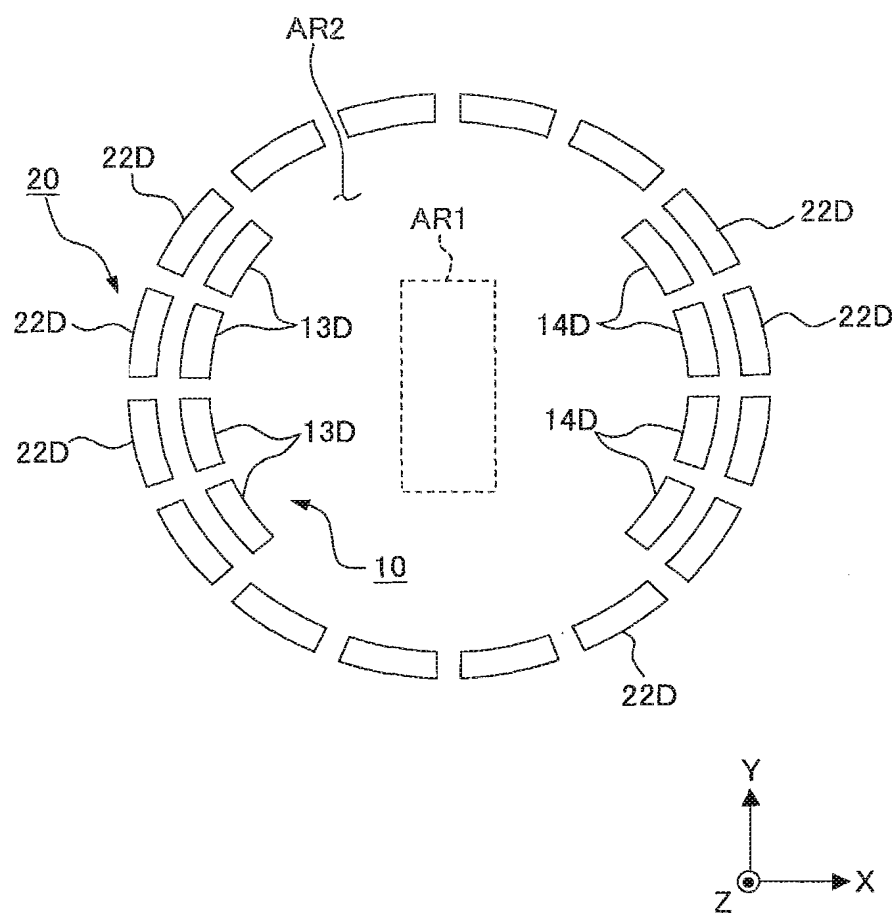


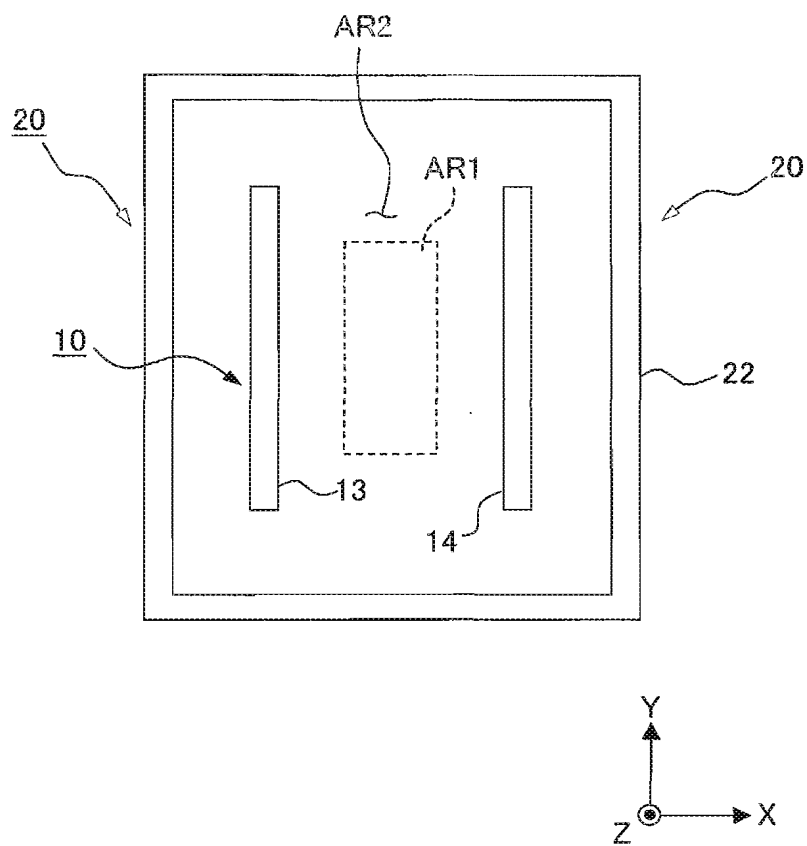
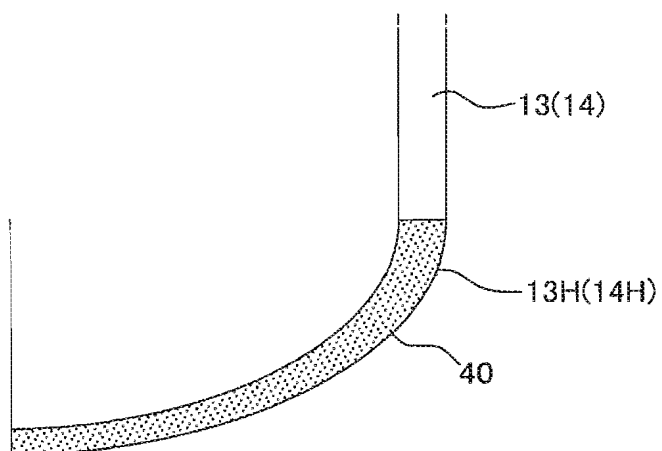
Fig. 9

Fig. 10

(a)



(b)

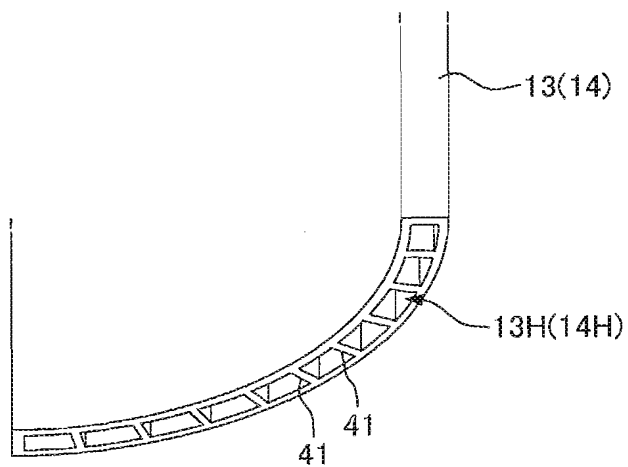


Fig. 11

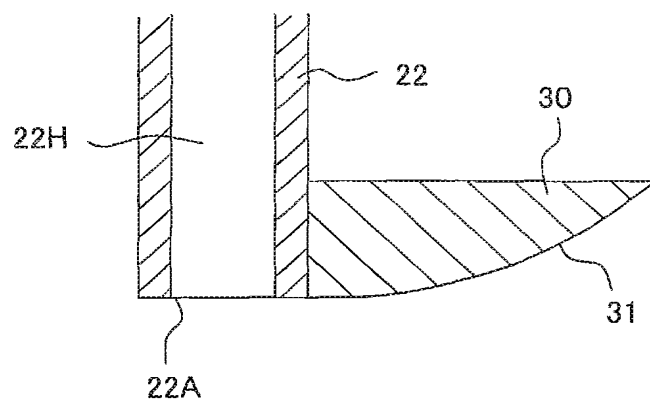


Fig. 12

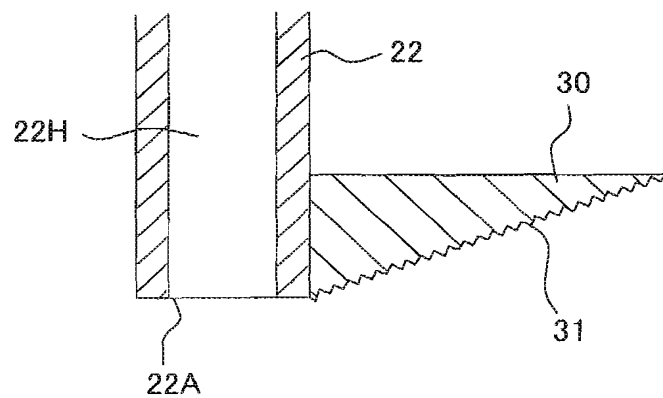


Fig. 13

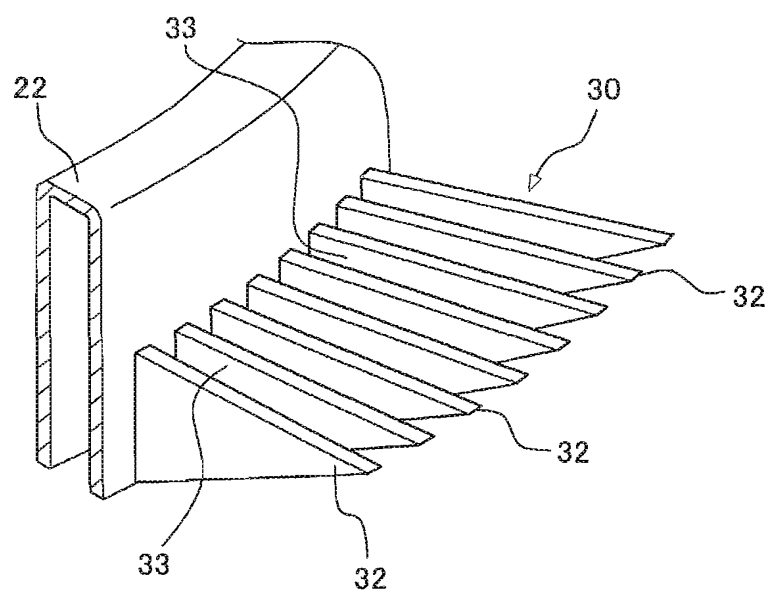


Fig. 14

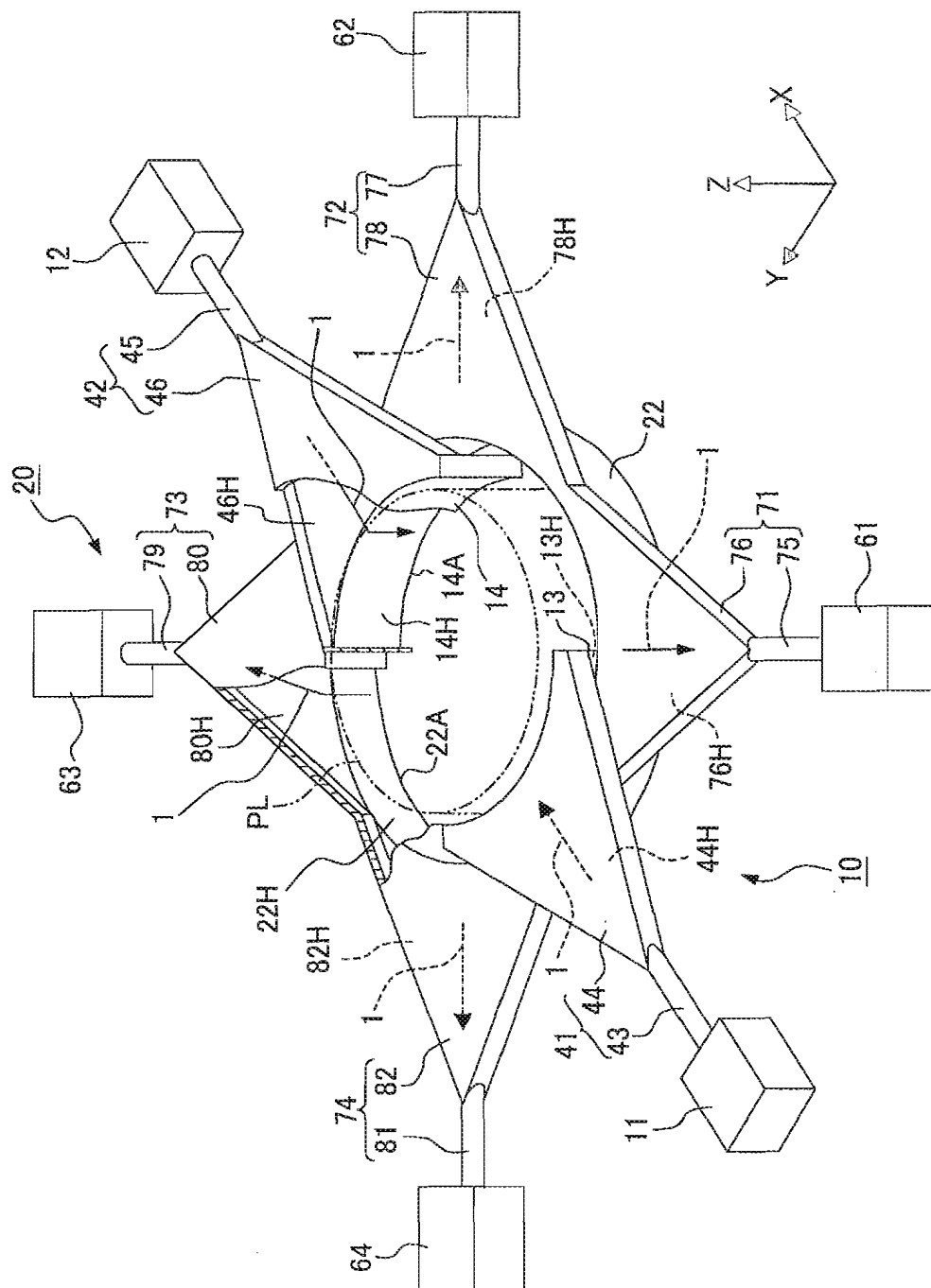


Fig. 15

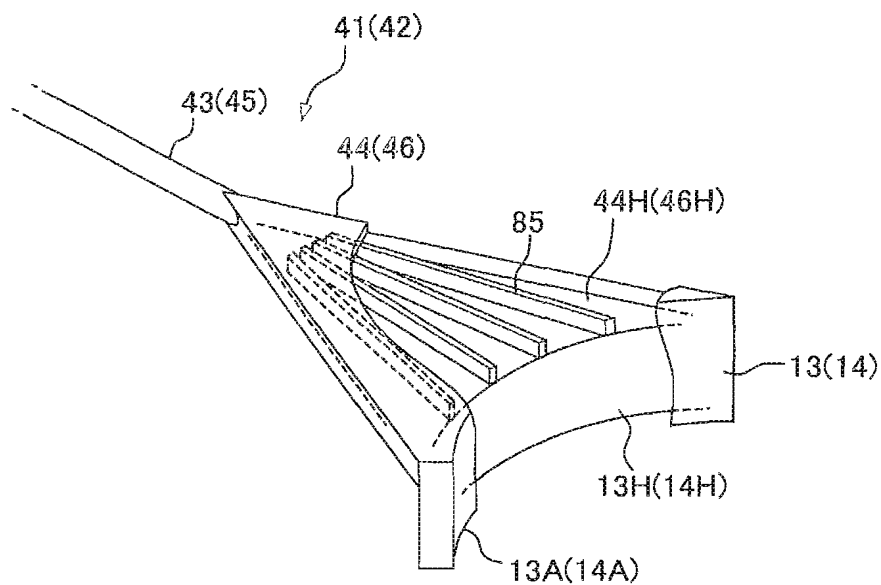


Fig. 16

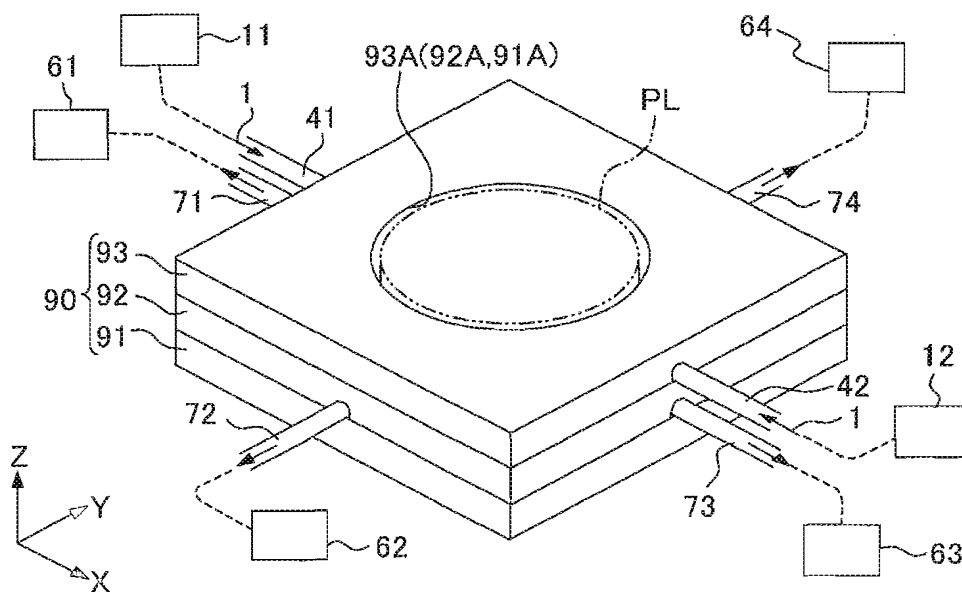


Fig. 17

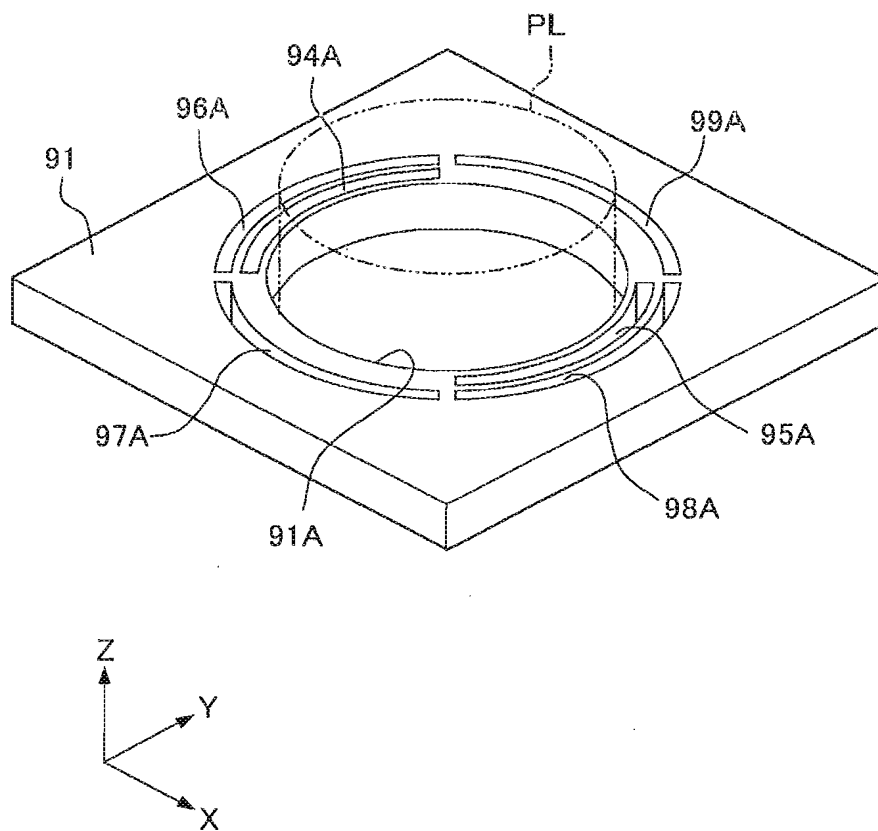
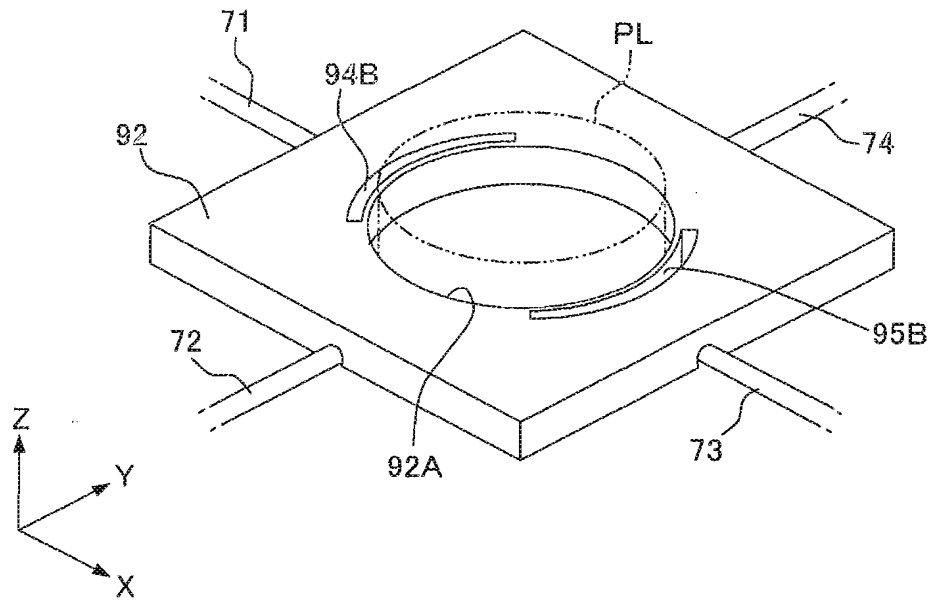


Fig. 18

(a)



(b)

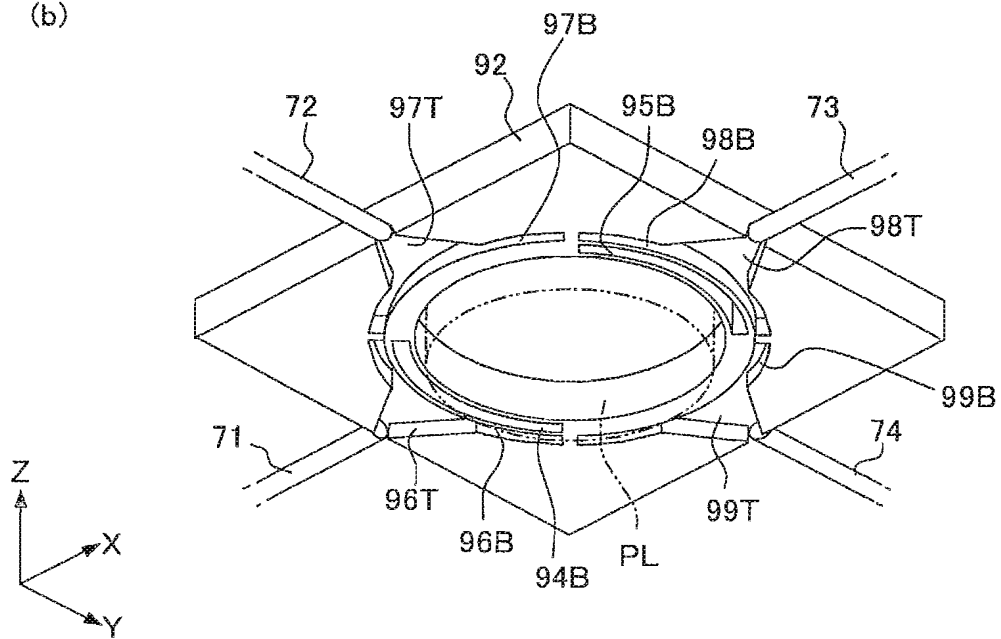
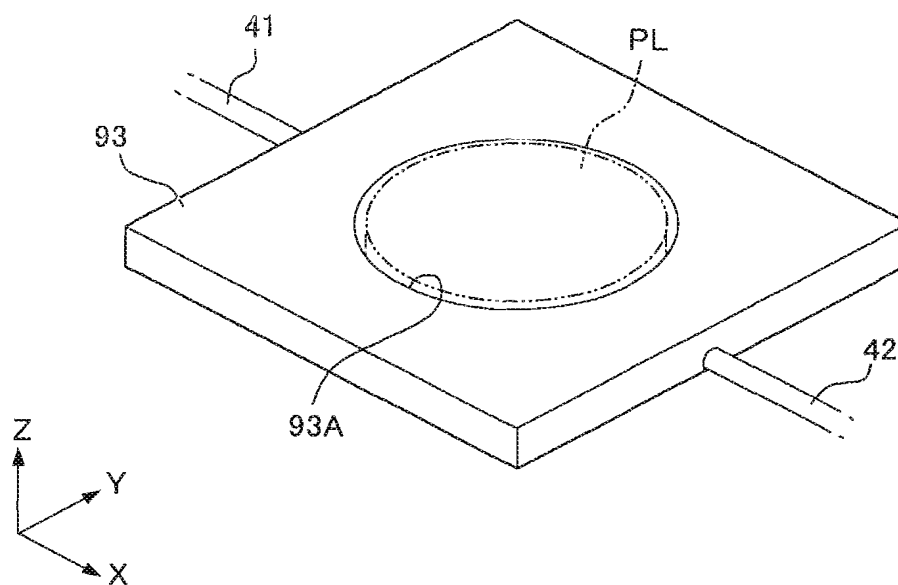


Fig. 19

(a)



(b)

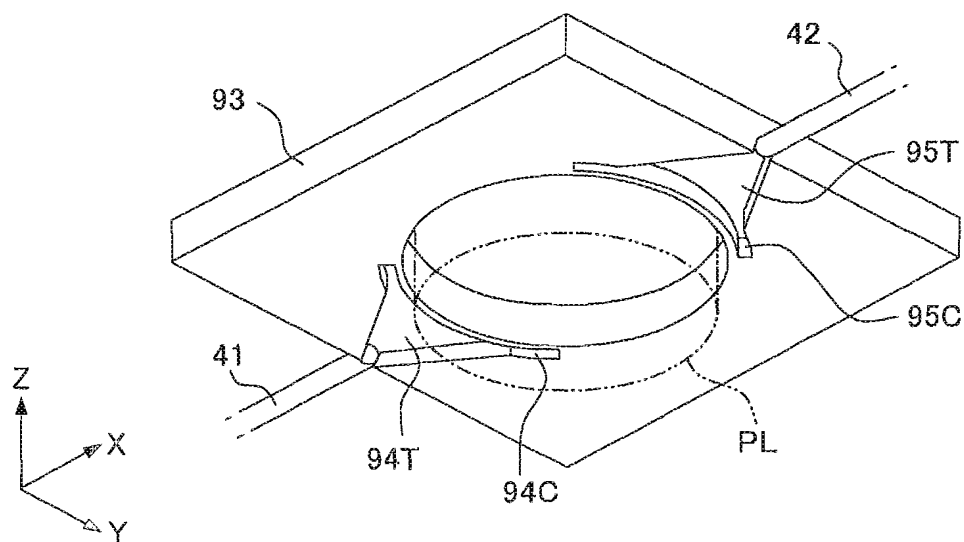


Fig. 20

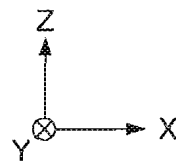
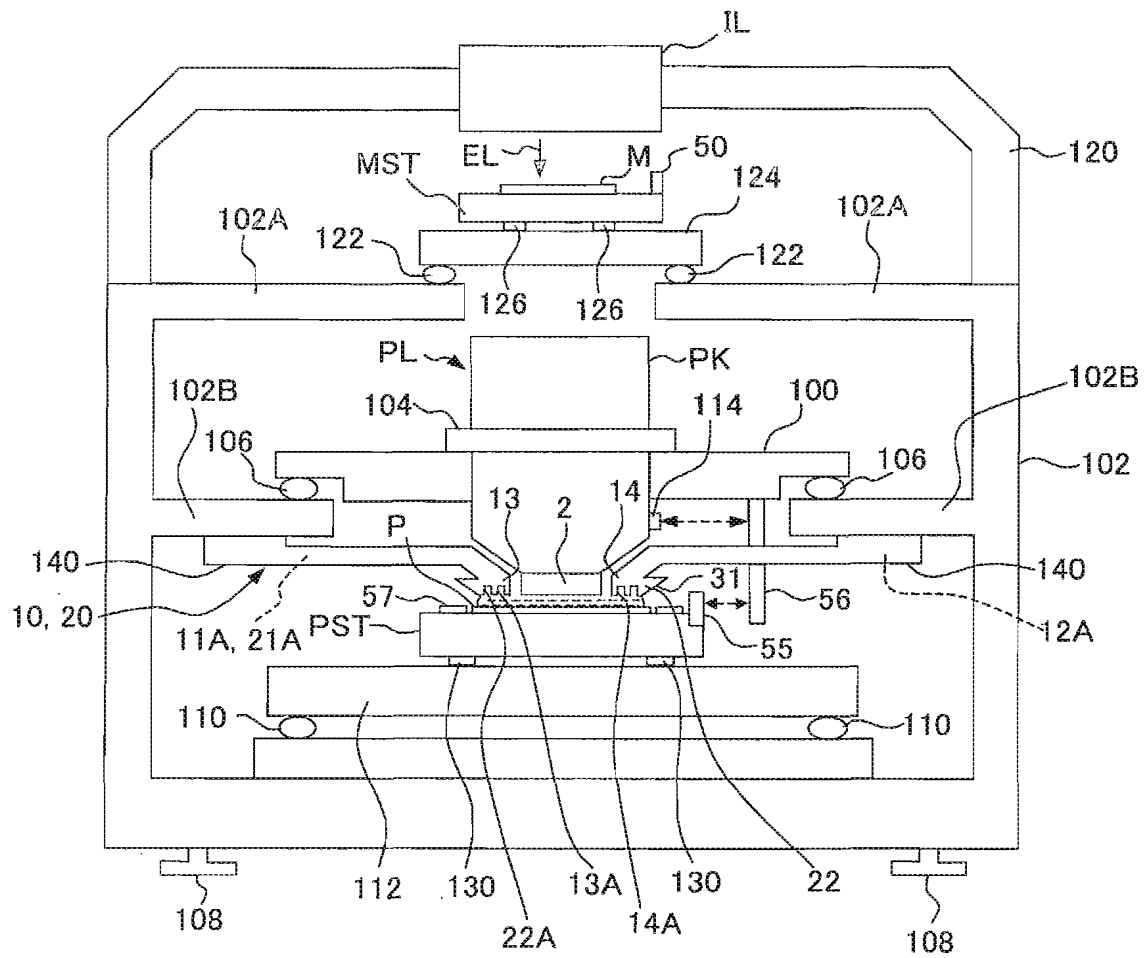
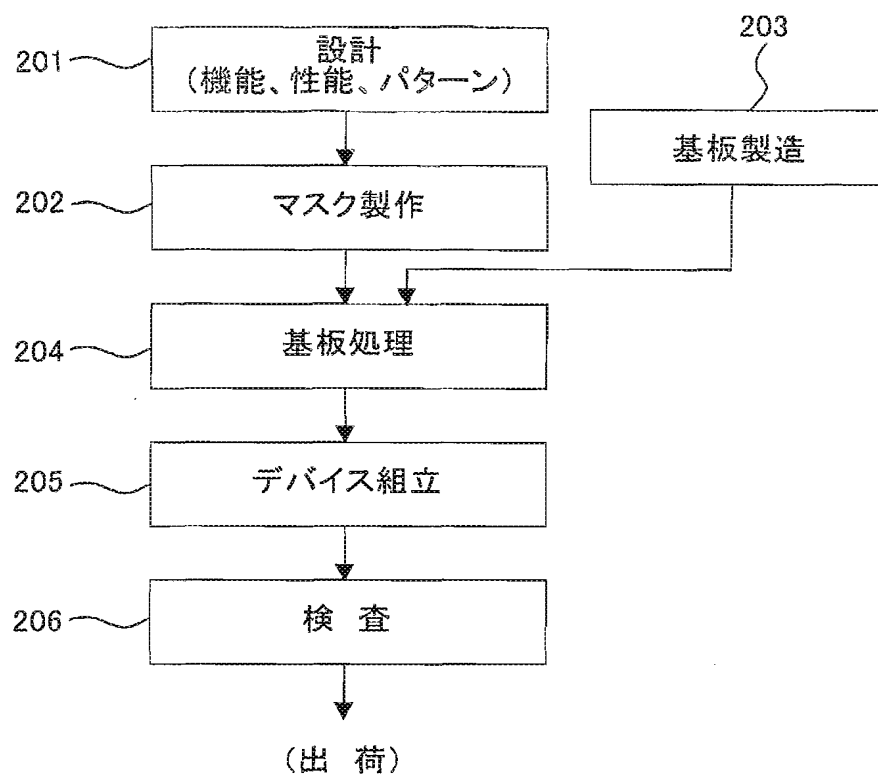


Fig. 21



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/002295

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01L21/027, G03F7/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01L21/027, G03F7/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-58436 A (Nikon Corp.), 25 February, 2000 (25.02.00), Full text; all drawings (Family: none)	1-55
A	WO 99/49504 A1 (Nikon Corp.), 30 September, 1999 (30.09.99), Full text; all drawings & JP 2000-538378 A & AU 2747999 A	1-55
A	JP 11-176727 A (Nikon Corp.), 02 July, 1999 (02.07.99), Full text; all drawings (Family: none)	1-55

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
24 June, 2004 (24.06.04)Date of mailing of the international search report
13 July, 2004 (13.07.04)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/002295

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 10-340846 A (Nikon Corp.), 22 December, 1998 (22.12.98), Full text; all drawings (Family: none)	1-55
A	JP 10-303114 A (Nikon Corp.), 13 November, 1998 (13.11.98), Full text; all drawings (Family: none)	1-55
A	JP 10-255319 A (Hitachi Maxell, Ltd.), 25 September, 1998 (25.09.98), Full text; all drawings (Family: none)	1-55
A	JP 7-220990 A (Hitachi, Ltd.), 18 August, 1995 (18.08.95), Full text; all drawings (Family: none)	1-55
A	JP 6-124873 A (Canon Inc.), 06 May, 1994 (06.05.94), Full text; all drawings (Family: none)	1-55
A	JP 62-65326 A (Hitachi, Ltd.), 24 March, 1987 (24.03.87), Full text; all drawings (Family: none)	1-55
A	JP 57-153433 A (Hitachi, Ltd.), 22 September, 1982 (22.09.82), Full text; all drawings & EP 60729 A2 & CA 1159160 A & US 4480910 A & DE 3272511 G	1-55

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/002295

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The feature common to Claims 1 to 16, 17 to 23, 24 to 29, 30 to 33, 34 to 36, 37 to 47, 48 to 54, and 55 is feeding a liquid to a liquid-immersed region. However, the search has revealed that feeding a liquid to a liquid-immersed region is disclosed in document WO99/49504 A1 (Nikon Corp.), 30 September 1999 (30.9.99), and therefore the common feature is not novel.
(continued to extra sheet)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/002295

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet(2)

Since feeding a liquid to a liquid-immersed region makes no contribution over the prior art, the common feature is not a special technical feature within the meaning of PCT Rule 13.2, second sentence. Therefore there is no feature common to all the claims.

Since there is no other common feature that can be considered as a special technical feature within the meaning of PCT Rule 13.2, second sentence, no technical relationship within the meaning of PCT Rule 13 among the different inventions can be seen.

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP2004/002295

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl⁷ H01L21/027, G03F7/20

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl⁷ H01L21/027, G03F7/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年
日本国公開実用新案公報 1971-2004年
日本国登録実用新案公報 1994-2004年
日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 2000-58436 A (株式会社ニコン) 2000. 10 2. 25, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-55
A	WO 99/49504 A1 (株式会社ニコン) 1999. 0 9. 30, 全文, 全図 & J P 2000-538378 A&AU 2747999 A	1-55
A	J P 11-176727 A (株式会社ニコン) 1999. 0 7. 02, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-55
A	J P 10-340846 A (株式会社ニコン) 1998. 1 2. 22, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-55
A	J P 10-303114 A (株式会社ニコン) 1998. 1	1-55

☒ C欄の続きにも文献が列举されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 24. 06. 2004

国際調査報告の発送日 13. 7. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

新井 重雄

2M

8605

電話番号 03-3581-1101 内線 3274

C (続き). 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	1. 13, 全文, 全図 (ファミリーなし) JP 10-255319 A (日立マクセル株式会社) 199	1-55
A	8. 09. 25, 全文, 全図 (ファミリーなし) JP 7-220990 A (株式会社日立製作所) 1995. 0	1-55
A	8. 18, 全文, 全図 (ファミリーなし) JP 6-124873 A (キヤノン株式会社) 1994. 0	1-55
A	5. 06, 全文, 全図 (ファミリーなし) JP 62-65326 A (株式会社日立製作所) 1987. 0	1-55
A	3. 24, 全文, 全図 (ファミリーなし) JP 57-153433 A (株式会社日立製作所) 1982. 09. 22, 全文, 全図&EP 60729 A2&CA 115 9160 A&US 4480910 A&DE 3272511 G	1-55

第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項(PCT17条(2)(a))の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1-16, 17-23, 24-29, 30-33, 34-36, 37-47, 48-54, 55に共通の事項は、液浸領域への液体の供給である。

しかしながら、調査の結果、液浸領域への液体の供給は、文献WO99/49504 A1 (株式会社ニコン) 1999.09.30に開示されているから、新規でないことが明らかになった。結果として、液浸領域への液体の供給は先行技術の域を出ないから、PCT規則13.2の第2文の意味において、この共通事項は特別な技術的特徴ではない。

それ故、請求の範囲全てに共通の事項はない。

PCT規則13.2第2文の意味において特別な技術的特徴と考えられる他の共通の事項は存在しないので、それらの相違する発明の間にPCT規則13の意味における技術的な関連を見いだすことはできない。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。